

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Control Estadístico De Los Indicadores De Calidad De
Calzado Plástico”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERA INDUSTRIAL

Presentada por:

Erika Pamela Vélez Suárez

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2009

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la vida,
al Ing. Juan Calvo, a mi
directora de tesis la Ing.
Sofía López por su apoyo
incondicional para la
realización de esta tesis,
a mis profesores por mi
formación académica y a
las personas que
colaboraron de una u otra
forma para la realización
de este trabajo.

DEDICATORIA

A mis padres Benito

Vélez y Martha Suárez

A mis hermanos

Jessica, Benito y Jeffry.

A mi abuelo Severo.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Francisco Andrade
DECANO DE LA FIMCP

Ing. Sofía López
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Juan Calvo
VOCAL

Dr. Kléber Barcia V.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

Erika Pamela Vélez
Suárez

RESUMEN

El presente trabajo fue realizado para una empresa dedicada a la fabricación de artículos plásticos para el hogar y la industria, de esta empresa se tomó como estudio el proceso de fabricación de calzado plástico, con el propósito de realizar el control estadístico de calidad de los indicadores claves en la elaboración de las botas de PVC, con el fin de determinar causas asignables de variación en el proceso de fabricación, para posteriormente mejorar el nivel de dichos indicadores. Este estudio se justifica por cuanto se pretende demostrar que mediante técnicas estadísticas, se puede lograr un control en los procesos y una mejora continua, teniendo como resultado una mejora en los estándares de calidad y además una disminución de los costos, permitiéndole así a las industrias ser más competitivas. Para ello fue necesario realizar un mapeo para conocer el proceso actual de fabricación de botas de PVC, de la cual se pudo identificar las áreas de: Pesado de materia prima, Inyección, Rebabeo y Empaquetamiento. Posteriormente se procedió a seleccionar los indicadores con la ayuda del personal que interviene en este proceso de donde se escogió: Porcentaje de carbonato de Calcio y Espesor de la bota, debido a que estos dos indicadores son críticos para el proceso. El porcentaje de carbonato de calcio interviene en la calidad con la abrasión es decir; un porcentaje mayor al establecido por fórmula provocaría que las botas se desgasten más rápidamente

con el tiempo por el uso, mientras que los espesores influyen en la percepción que tiene el cliente sobre la calidad del producto, como también por ejemplo influye en la ergonomía al caminar y poder realizar correctamente las labores destinadas con el uso de las botas. Luego de esto, se procedió a identificar causas asignables a través de métodos gráficos estadísticos, en la cual se pudo comprobar mediante gráficas de control que el porcentaje de carbonato de calcio y espesores de PVC se encontraban fuera del control estadístico de calidad. Para el porcentaje de carbonato se realizó un análisis de capacidad, donde se obtuvo para el primero y segundo turno para la suela y caña un $Cp_k < 1$ y una clase o categoría de proceso igual a 4, lo que indicó que el proceso no era el adecuado para el trabajo debido a que no es capaz de cumplir con las especificaciones. Se determinó el costo asociado a las no conformidades de la variable porcentaje de carbonato de calcio, de donde se obtuvo: Para el primer turno un valor estimado de \$14,511/semana y para el segundo turno un valor de \$10,082/semana. Estos valores están influenciados principalmente por el incumplimiento de las especificaciones de la Caña, lo cual se puede deber a la incorrecta formulación o a que la especificación es demasiado exigente, por lo cual esta variable no logra cumplir con las especificaciones. De acuerdo al análisis de causas las cuales fueron desarrolladas a través de Diagramas de Ishikawa, Cuestionarios y Diagramas de Pareto, se determinó que existen cuatro

problemas que afectan a ambas variables de estudio (Porcentaje de carbonato de calcio y Espesor de la bota de PVC). Estos problemas fueron: Falta de capacitación del personal de la planta, inexistencia de controles estadístico para medir la situación actual de los indicadores de calidad, variación en las mediciones e inexistencia de mantenimiento preventivo en las maquinarias. Luego a través de la eliminación de las causas asignables con la suposición de que el proceso se encuentre bajo control estadístico de calidad se pudo obtener los siguientes resultados: Para el porcentaje de carbonato de calcio: se logró que la variabilidad del proceso se reduzca para la suela en 51% y 14% para el primero y segundo turno respectivamente; y para la caña una reducción del 14% para el primer turno, con las cartas de individuales y rango móvil se logró controlar y mantener bajo valores adecuados los costos de estimación de calidad, se obtuvo una reducción de costos total por incumplimiento de especificaciones para la suela y caña en total de 3,602 dólares por semana, lo que anualmente representa una reducción en costos de 13.55%. Para el espesor de las botas de PVC se pudo obtener con el control en los procesos los límites naturales, los cuales fueron para la parte 1 (LNS= 1.47mm; LC= 2.02mm; LNI= 1.56mm) y para la parte 2 (LNS= 3.9mm; LC=3.15mm; LNI= 2.4mm).

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	IV
SIMBOLOGÍA.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
INTRODUCCIÓN.....	I 1
CAPÍTULO 1	
1. GENERALIDADES.....	4
1.1. Planteamiento del problema.....	10
1.1.1. Justificación.....	12
1.2. Objetivos.....	13
1.2.1. Objetivos generales.....	13
1.2.2. Objetivos específicos.....	13
1.3. Metodología.....	14

1.4. Estructura de la tesis.....	16
CAPÍTULO 2	
2. MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. Control estadístico del proceso.....	19
2.1.1. Métodos gráficos para el análisis.....	20
2.1.2. Cartas de control estadístico.....	25
2.1.3. Análisis de capacidad.....	32
CAPÍTULO 3	
3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	38
3.1. Descripción general de la empresa.....	38
3.2. Descripción del proceso.....	40
3.3. Descripción del proceso de toma de datos.....	49
3.4. Situación actual de los indicadores de calidad.....	52
3.4.1. Porcentaje de carbonato de calcio.....	54
3.4.2. Espesores.....	63

3.5. Análisis de capacidad del proceso actual.....	97
3.5.1. Porcentaje de carbonato de calcio.....	99
3.5.2. Espesores.....	101
3.6. Costos asociados al no cumplimiento de las especificaciones de calidad.....	101
CAPÍTULO 4	
4. PROPUESTA DE MEJORAS.....	105
4.1. Análisis de causas.....	105
4.1.1. Porcentaje de carbonato de calcio.....	105
4.1.2. Espesores.....	111
4.2. Aplicación del control estadístico de procesos al caso de estudio.....	115
4.3. Propuesta de mejoras.....	121
4.4. Evaluación de mejoras.....	132

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	141
--	-----

ANEXO.

BIBLIOGRAFÍA.

ABREVIATURAS

C.E.P	Control Estadístico de Procesos.
PVC	Policloruro de Vinilo.
FOB	Franco A Bordo.
C_p	Capacidad potencial del proceso.
C_{pk}	Capacidad real del proceso.
S_t	Estabilidad de la variabilidad.
LSE	Límite de especificación superior.
LIE	Límite de especificación inferior.
LCS	Límite de control superior.
LCI	Límite de control inferior.
LNS	Límite natural superior.
LC	Límite central.
LNI	Límite natural inferior.
H_0	Hipótesis nula.
VIM	Vocabulario Internacional de Metrología.

SIMBOLOGÍA

$\bar{X}$	Media de las mediciones de los sub grupos
σ	Varianza
$\bar{R}$	Media de los rangos
%	Porcentaje
\$	Dólares
mm	Milímetros
CaCO_3	Carbonato de calcio
R&R	Repetibilidad y Reproducibilidad

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Ciclo de aplicación de Control Estadístico de Procesos.	5
Figura 1.2	Factores que intervienen en el Costo de Producción.....	7
Figura 1.3	Total de exportaciones anuales en miles de dólares.....	11
Figura 1.4	Metodología de la Tesis.....	14
Figura 2.1	Símbolos para el mapeo de proceso y pasos para realizar una de sus aplicaciones.....	21
Figura 2.2	Ejemplo de un diagrama Pareto.....	22
Figura 2.3	Ejemplo de un Diagrama Ishikawa.....	24
Figura 2.4	Carta de control.....	26
Figura 2.6	Estado de un proceso.....	37
Figura 3.1	Canales de Distribución de los productos que se fabrican en la empresa de estudio.....	40
Figura 3.2	Partes de la bota de PVC.....	41
Figura 3.3	Diagrama Funcional del Proceso de fabricación de Botas de PVC.....	43
Figura 3.4	Proceso de Inyección.....	46
Figura 3.5	Selección de partes para medir espesores.....	52
Figura 3.6	Carta de control de individuales, botas de PVC, Porcentaje de carbonato de calcio en la suela, I turno....	55

Figura 3.7	Carta de control de rangos móviles, botas de PVC, Porcentaje de carbonato de calcio en la suela, I turno....	56
Figura 3.8	Carta de control de individuales, botas de PVC, Porcentaje de carbonato de calcio en la caña, I turno.....	57
Figura 3.9	Carta de control de rangos móviles, botas de PVC, Porcentaje de carbonato de calcio en la caña, I turno.....	58
Figura 3.10	Carta de control de individuales, botas de PVC, Porcentaje de carbonato de calcio en la suela, II turno...	59
Figura 3.11	Carta de control de rangos móviles, botas de PVC, Porcentaje de carbonato de calcio en la suela, II turno...	60
Figura 3.12	Carta de control de individuales, botas de PVC, Porcentaje de carbonato de calcio en la caña, II turno....	61
Figura 3.13	Carta de control de rangos móviles, botas de PVC, Porcentaje de carbonato de calcio en la caña, II turno....	62
Figura 3.14	Carta de control de Individuales, I parte bota derecha, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 I turno.....	64
Figura 3.15	Carta de control de rangos móviles, I parte bota derecha, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 I turno.....	65

Figura 3.16	Carta de control de Individuales, II parte bota derecha, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 I turno.....	66
Figura 3.17	Carta de control de rangos móviles, II parte bota derecha, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 I turno.....	67
Figura 3.18	Carta de control de Individuales, I parte bota izquierda, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 I turno.....	68
Figura 3.19	Carta de control de rangos móviles, I parte bota izquierda, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 I turno.....	69
Figura 3.20	Carta de control de Individuales, II parte bota izquierda, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 I turno.....	70
Figura 3.21	Carta de control de rangos móviles, II parte bota izquierda, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 I turno.....	71
Figura 3.22	Carta de control de Individuales, I parte bota derecha, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 II turno.....	72
Figura 3.23	Carta de control de rangos móviles, I parte bota derecha, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 II turno.....	73
Figura 3.24	Carta de control de Individuales, II parte bota derecha, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 II turno.....	74

Figura 3.25	Carta de control de rangos móviles, II parte bota derecha, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 II turno.....	75
Figura 3.26	Carta de control de Individuales, I parte bota izquierda, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 II turno.....	76
Figura 3.27	Carta de control de rangos móviles, I parte bota izquierda, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 II turno.....	77
Figura 3.28	Carta de control de Individuales, II parte bota izquierda, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 II turno.....	78
Figura 3.29	Carta de control de rangos móviles, II parte bota izquierda, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 II turno.....	79
Figura 3.30	Carta de control de Individuales, I parte bota izquierda, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 A I turno.....	80
Figura 3.31	Carta de control de rangos móviles, I parte bota derecha, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 A I turno.....	81
Figura 3.32	Carta de control de Individuales, II parte bota derecha, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 A I turno.....	82
Figura 3.33	Carta de control de rangos móviles, II parte bota derecha, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 A I turno.....	83

Figura 3.34	Carta de control de Individuales, I parte bota izquierda, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 A I turno.....	84
Figura 3.35	Carta de control de rangos móviles, I parte bota izquierda, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 A I turno.....	85
Figura 3.36	Carta de control de Individuales, II parte bota izquierda, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 A I turno.....	86
Figura 3.37	Carta de control de rangos móviles, II parte bota izquierda , diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 A I turno.....	87
Figura 3.38	Carta de control de Individuales, I parte bota derecha, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 A II turno....	88
Figura 3.39	Carta de control de rangos móviles, I parte bota derecha, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 A II turno.....	89
Figura 3.40	Carta de control de Individuales, I parte bota derecha, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 A II turno.	90
Figura 3.41	Carta de control de rangos móviles, II parte bota derecha, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 A II turno.....	91
Figura 3.42	Carta de control de Individuales, I parte bota izquierda, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 A II turno...	92

Figura 3.43	Carta de control de rangos móviles, I parte bota izquierda, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 A II turno.....	93
Figura 3.44	Carta de control de Individuales, II parte bota izquierda, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 A II turno....	94
Figura 3.45	Carta de control de rangos móviles, II parte bota izquierda, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 A II turno.....	95
Figura 4.1	Diagrama de Ishikawa, para el problema de alto índice de carbonato de calcio.....	106
Figura 4.2	Diagrama de Ishikawa, Espesores de la bota de PVC.....	111
Figura 4.3	Información para las Cartas: Individual y Rango Móvil.....	130
Figura 4.4	Límites de tolerancia vs. Límites Naturales: Suela, I TURNO.....	135
Figura 4.5	Límites de tolerancia vs. Límites Naturales: Caña, I TURNO.....	136
Figura 4.6	Límites de tolerancia vs. Límites Naturales: Suela, II TURNO.....	136
Figura 4.7	Límites de tolerancia vs. Límites Naturales: Caña, II TURNO.....	137
Figura 4.8	Partes de la bota de PVC seleccionadas para el cálculo de los espesores.....	140

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Clases del proceso.....	34
Tabla 2	Resumen de las cartas de control: Porcentaje de carbonato de calcio.....	63
Tabla 3	Resumen de cartas de control, Máquina MG 2000 A: Diferencia entre espesores.....	96
Tabla 4	Resumen de cartas de control, Máquina MG 2000: Diferencia entre espesores.....	97
Tabla 5	Análisis de capacidad: Porcentaje de carbonato de calcio.....	100
Tabla 6	Costos total asociados por producto defectuoso.....	102
Tabla 7	Costos asociados a las No Conformidades.....	104
Tabla 8	Resultado de la encuesta: Problema diferencia entre espesores en las botas de PVC.....	110
Tabla 9	Resultado de la encuesta: Problema diferencia entre espesores en las botas de PVC.....	114
Tabla 10	Resumen de las cartas de control de la prueba: Porcentaje de carbonato de calcio.....	117
Tabla 11	Resumen de cartas de control, Máquina MG 2000: Diferencia entre espesores.....	118

Tabla 12	Resumen de cartas de control, Máquina MG 2000 A: Diferencia entre espesores.....	119
Tabla 13	Límites naturales de la variable espesor de la bota de PVC, Máquina MG 2000 A.....	120
Tabla 14	Límites naturales de la variable espesor de la bota de PVC, Máquina MG 2000.....	120
Tabla 15	Capacitaciones para el Jefe/ Supervisor de producción.....	124
Tabla 16	Capacitaciones para el Jefe de mantenimiento.....	125
Tabla 17	Capacitaciones para los operarios del Área de Inyección y Pesado de materia prima.....	126
Tabla 18	Resultado de las mejoras con respecto a la varianza de la variable Porcentaje de carbonato de calcio.....	133
Tabla 19	Análisis de capacidad del proceso bajo control estadístico de calidad: Porcentaje de carbonato de calcio.....	134
Tabla 20	Porcentaje de reducción en los costos asociados al no cumplimiento de las especificaciones de calidad, con el proceso bajo.....	138
Tabla 21	Límites naturales, para el Espesor de la bota de PVC.....	139

INTRODUCCIÓN

Dos de los principales factores que los consumidores toman en cuenta al decidir en comprar o no un producto o servicio son: el precio y la calidad, pero es esta última la que realmente marca la diferencia.

Es importante recalcar que ningún producto o servicio es exactamente igual a otro sin importar que sea realizado por la misma compañía, maquinaria y/o personas. Esto se debe a las variaciones que se encuentran en cualquier proceso por lo que es necesario realizar un monitoreo para asegurar que las variaciones no afecten la calidad del producto o servicio, esto se logra mediante el uso de una herramienta estadística llamada Control Estadístico de Procesos (C.E.P.).

Una empresa que cuenta con Control Estadístico puede mejorar sus procesos, reducir retrabajos y desperdicios, lo que genera una reducción de costos ya que el C.E.P. involucra más que solo crear el producto perfecto, implica además asegurar que los procesos internos sean llevados apropiadamente, que al equipo se le dé el mantenimiento adecuado y que los recursos suministrados sean los apropiados.

El presente trabajo pretende explicar las ventajas que implica aplicar el Control Estadístico de Calidad, en los procesos de producción de Botas de PVC, de una Industria dedicada a la fabricación de productos plásticos para el hogar y la Industria, con el fin de mejorar sus procesos productivos, disminuyendo costos asociados al no cumplimiento de las especificaciones.

Este trabajo de investigación inicia con el levantamiento y recolección de la información a través de un mapeo del proceso actual en el cual se identifican cada una de las actividades que intervienen en la elaboración de las botas de PVC, posterior a esto se seleccionan mediante conversaciones con el personal de la empresa los indicadores de calidad críticos para el cual en este caso de estudio fueron: Porcentaje de carbonato de calcio y Espesores de la botas de PVC, luego se procede a utilizar herramientas estadísticas tales como: gráficas de control, análisis de capacidad del proceso y estimación de los costos de calidad, las cuales monitorean la situación actual de estos indicadores de calidad para posteriormente hacer una comparación con el proceso bajo control estadístico de calidad.

Luego del desarrollo de diagramas de Ishikawa y diagramas de Pareto; realizados con la información recolectada de un cuestionario en el que participó personal perteneciente al área de fabricación de las botas de PVC, se determinó

las causas asignables que afectan el porcentaje de carbonato de calcio y espesores de las botas. Una vez eliminadas dichas causas y con la suposición del proceso bajo control estadístico de calidad, se calcularon los límites de control revisados del proceso y la capacidad para cumplir con las especificaciones del cliente. Este estudio hace evidente la reducción de costos y mejora de calidad una vez aplicado al producto terminado el control de procesos.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

Debido a un mercado globalizado y a la gran competencia que existe entre las empresas por ser mejores una de las otras, muchas industrias ecuatorianas se ven en la necesidad de establecer parámetros que aseguren que su producción o prestaciones de servicios tengan estándares de calidad igual o mejor que cualquier otra empresa, para así evitar que las diferencias tecnológicas se conviertan en una barrera comercial.

Si buscamos la palabra “Calidad” en el diccionario encontramos las siguientes definiciones: “Conjunto de cualidades que constituyen la manera de ser de una persona o cosa” [1]; “Propiedad o conjuntos de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor” [2]. En el área de negocios y en términos más prácticos, calidad se entiende como “hacer bien las cosas a la primera” y/o “cumplir con los requerimientos del cliente” [3].

Las características que establecen si un producto o servicio es de calidad son asignadas por los clientes, dichas características son traducidas por

los productores a especificaciones técnicas (características medibles) de los procesos de fabricación del producto o del servicio.

El Control Estadístico de Procesos (C.E.P.), también conocido por sus siglas en inglés “SPC” es “un conjunto de herramientas estadísticas que permiten recopilar, estudiar y analizar la información de procesos repetitivos para poder tomar decisiones encaminadas a la mejora de los mismos” [4].

La Figura 1.1, muestra El Control Estadístico de Procesos.

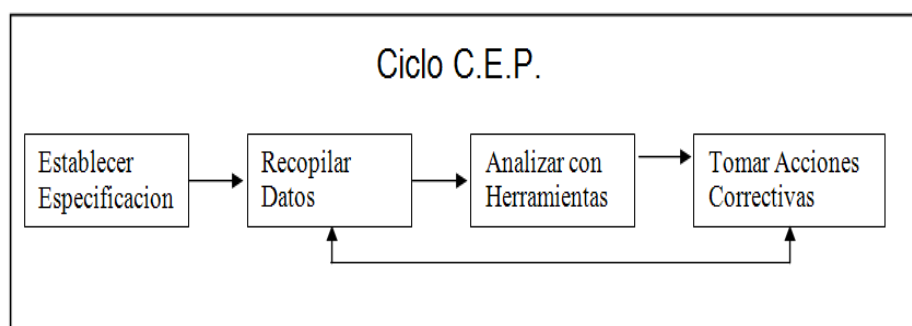


Figura 1.1: Ciclo de aplicación de Control Estadístico de Procesos.

El C.E.P es aplicable tanto a procesos productivos como de servicios, siempre y cuando cumplan con dos condiciones: Que se mensurable (observable) y que sea repetitivo. El propósito fundamental de C.E.P. es identificar y eliminar las causas especiales de los problemas (variación) para llevar a los procesos nuevamente bajo control [5].

El control de las variaciones, es lo que lleva a una empresa a reducir sus costos de fabricación, ya que al identificar cada una de las causas de la variabilidad y de eliminarlas de ser necesario, se tendrá como resultado la inmediata reducción de retrabajos, reducción de *scrap* (desperdicio) y un latente aumento en la productividad.

Los niveles de costo de la generación de productos o servicios son resultantes de diversos factores que se interrelacionan en los procesos productivos.

La Figura 1.2, muestra como el costo de producción depende de una serie de factores tales como: Máquina, Mano de Obra, Método, Medio Ambiente, Maquinaria, etc., los cuales a su vez son productos de otros numerosos factores [6].

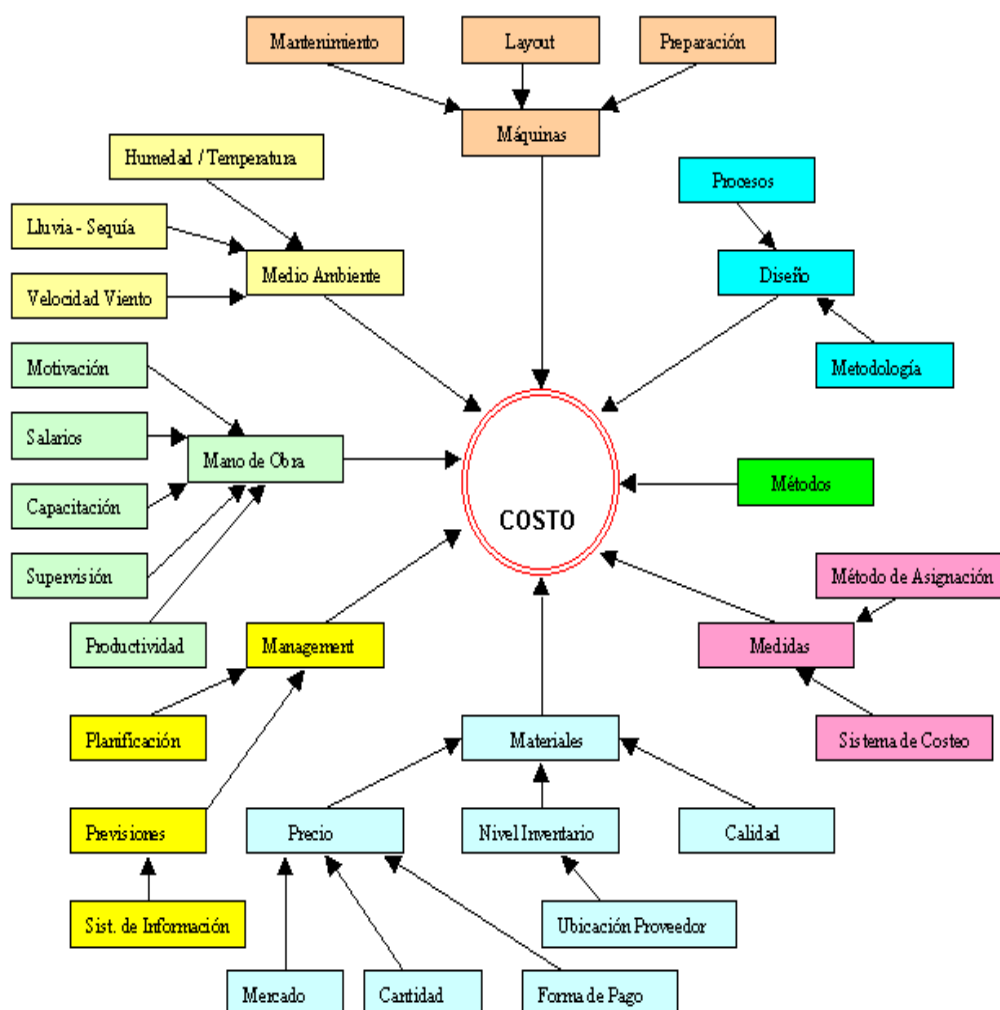


Figura 1.2: Factores que intervienen en el Costo de Producción.

A través de la implantación de certificaciones, muchas empresas pueden lograr metodologías de calidad, las cuales le permiten mantener a sus clientes y hacer ganancias [7].

Pero adquirirlas requiere de un gran compromiso por parte de cada uno de los colaboradores de la empresa ya que se requiere de una gran inversión de tiempo, recursos y capacitación, como también de un exhaustivo proceso de implantación de sistemas, procedimientos y estándares [8].

La implementación de una norma de calidad dependerá de las necesidades de cada industria o empresa. Por ejemplo; el certificado de un estándar internacional le dice al mundo que la empresa ha aplicado una metodología de gestión orientada hacia la calidad en lo administrativo (ISO 9001), en el manejo ambiental (ISO 14001), en la seguridad alimentaria (ISO 22000), en la salud ocupacional (OSHAS 18000) o la responsabilidad social (SA 8000 o AA1000).

La norma más aplicada en el Ecuador y en el mundo es la ISO 9001:2000 que regula los sistemas de gestión de calidad, esta se puede aplicar en cualquier tipo de organización, independientemente de su actividad, tamaño o si es pública o privada [9].

De acuerdo a la Organización Internacional para la estandarización, esta norma representa “Un consenso internacional en buenas prácticas de gestión de calidad” [10].

Aunque no existen cifras exactas de cuantas compañías ecuatorianas han logrado la certificación ISO 9001, las certificadoras reconocen que hay entre 400 y 600 empresas que la tienen. En el país la variedad de empresas que han adoptado esta norma va desde las industriales, como la atunera Nirsa, Cervecería Andina, La Fabril, Unilever, Holcim, Sika Ecuatoriana S.A, hasta las firmas de servicio como Porta, EMSA, Hotel Oro Verde, Hansen-Holm, pasando por las educadoras como la ESPOL, ECOTEC o el Colegio William Shakespeare de Quito [11].

En el 2007 con el fin de apoyar la vinculación con el mercado extranjero, la Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones (Corpei) y otros organismos gubernamentales iniciaron el Programa de Mejoramiento Continuo de la Calidad y Competitividad de las Pequeñas y Medianas Empresas (PMC-Pymes). El plan contó con \$600 mil, manejados con un mecanismo de aportes no reembolsables del 50% del costo total del proyecto. Durante el 2002 y hasta marzo del 2003, el programa financió 177 proyectos; de los cuales 51 obtuvieron certificación de calidad por un monto global de \$164 mil. Están diseminadas en 12 provincias y 41 sectores, principalmente: madera y sus manufacturas, tejidos, flores y software [12].

La Corpei afirma que tan grande ha sido el impacto que cientos de empresas se han interesado y por ello arrancó una segunda etapa con un

financiamiento de \$120 mil, con el objeto de que hasta diciembre del 2008, 40 empresas más obtengan su certificación. Cotecna será otra de las firmas que se sumará para certificar, señala Santiago Mayorga, coordinador de esa área. En la primera etapa lo hicieron Incontec, BVQ1, Intercalidad - DNV, SGS, ÖQS-Latu, y Flower Label Program [13].

1.1. Planteamiento del Problema

La empresa en estudio, cuenta con diversas líneas de productos plásticos entre ellas tiene la fabricación de calzado, botas, zapatillas, muñecas, artículos para el hogar y gavetas.

A pesar de que esta empresa tiene un buen posicionamiento en el mercado de Ecuador y en el extranjero, en la actualidad no cuenta con una certificación de calidad, por lo que se encuentra mejorando sus procesos para poder implementarla.

Uno de sus principales productos de exportación son las botas de PVC, estas tienen una gran demanda en el Ecuador y en los países de Perú, Colombia y Panamá. La Figura 1.3 muestra como las exportaciones de calzado plástico entre ellas las botas de PVC, realizadas por el Ecuador, han tenido desde el año 2003 hasta el 2007, un incremento en valor FOB de “17,280.57 miles USD” [14], esto hace notar que existe una gran oportunidad de comercializar

este producto, por lo que ésta empresa se ve en la necesidad de mejorar su proceso productivo para poder ser más competitiva ante un mercado globalizado.

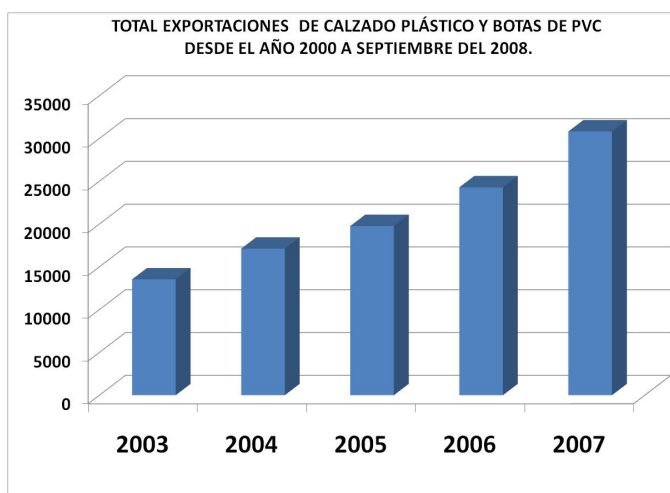


Figura 1.3: Total de exportaciones anuales en miles de dólares.

Es por esta razón que la presente tesis fue realizada con el fin de mejorar la calidad de las botas de PVC y para poder cumplir con este objetivo se estudió el proceso en sí, durante los meses de Mayo a Septiembre del 2008.

Durante este tiempo se pudo observar que uno de los problemas es que el personal de esta área no lleva un registro de los resultados de los indicadores de calidad, como tampoco un control estadístico de calidad en sus procesos productivos; por lo que en la actualidad

desconocen con que niveles de calidad se encuentran fabricando este producto.

Es por esta razón que con la ayuda del personal de planta se recolectó información para realizar las pruebas de calidad. Para luego mediante herramientas estadísticas conocer la situación actual de los indicadores. De esta manera se pretende identificar las causas raíz que se encuentran generando problemas y así poder lograr soluciones de mejora.

El desarrollo de esta tesis también tiene como propósito involucrar al personal encargado de esta línea en la búsqueda de oportunidades de mejora en sus procesos, para crear así una concientización de cuán importante es llevar el control en los procesos productivos como también una cultura de mejora continua.

1.1.1. Justificación

La estrategia de calidad es una parte muy importante en cualquier tipo de empresa. El Control de Calidad es un instrumento fundamental para ganar participación en el mercado pues permite tener un control en los procesos, lo cual genera un incremento en la rentabilidad, debido a que mejora la calidad de un producto o servicio, a través del involucramiento

de todas las personas las cuales comparten el mismo objetivo[15].

Es por esta razón, que el tema de esta tesis está orientado en el control estadístico de calidad, ya que se pretende demostrar; que mediante técnicas estadísticas, se puede lograr un control en los procesos y una mejora continua, teniendo como resultado una mejora en los estándares de calidad y además una disminución de los costos, permitiéndose así a ser más competitivos.

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo General.

Realizar el control estadístico de calidad de los indicadores claves en la elaboración de las botas de PVC, con el fin de determinar causas asignables de variación en el proceso de fabricación, para posteriormente mejorar el nivel de dichos indicadores.

1.2.2. Objetivo Específicos.

1. Realizar un mapeo para conocer el proceso actual de fabricación de Botas de PVC.
2. Seleccionar los indicadores de calidad críticos.

3. Identificar causas asignables a través de métodos gráficos estadísticos.
4. Análisis de capacidad del proceso actual y del proceso bajo control estadístico de calidad.
5. Estimación de los costos de calidad del proceso actual y del proceso bajo control estadístico de calidad.

1.3. Metodología.

La Figura 1.2, muestra la metodología que se utilizará para la realización de esta tesis.

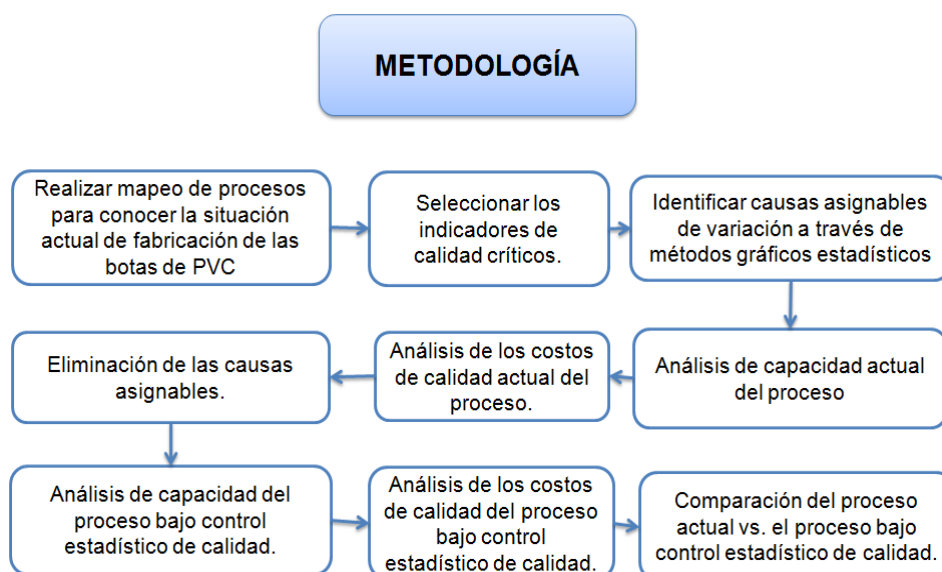


Figura 1.4: Metodología de la tesis.

A continuación se explican las actividades asociadas a cada elemento de la metodología.

Mapeo del proceso actual: se identifican cada una de las etapas del proceso actual de fabricación de las botas de PVC.

Seleccionar los indicadores de calidad críticos: identificar los indicadores de calidad que mayor impacto tienen desde el punto de vista económico tanto para la empresa como para el cliente, los cuales permitan reflejar el desempeño y/o resultado del proceso.

Identificar causas asignables de variación a través de métodos gráficos estadísticos: se lo realiza trabajando con los círculos de calidad y con la ayuda de cartas de control estadístico, para analizar las variables críticas de calidad y determinar su situación actual.

Análisis de capacidad del proceso: determinar el estado en que se encuentra el proceso actual y si que este capaz de cumplir con las especificaciones de tolerancia puestas por la empresa.

Estimación de los costos de calidad: calcular los costos por el incumplimiento de los estándares de calidad del proceso actual.

Eliminación de las causas asignables: estas se identificarán mediante diagrama causa-efecto o diagrama Ishikawa y diagrama de Pareto, para luego mediante propuestas de mejoras eliminarlas.

Análisis de capacidad del proceso bajo control estadístico de calidad: con la suposición de la eliminación de las causas asignables se determinará el estado en que se encuentra el proceso y si que este es capaz de cumplir con las especificaciones puestas por la empresa.

Estimación de los costos de calidad: del proceso bajo control estadístico de calidad de aquellos costos asociados a las No conformidades.

Comparación del proceso actual vs. el proceso bajo control estadístico de calidad: medir en porcentajes el ahorro de la disminución de los costos asociados a las No conformidades, debido al control estadístico del proceso.

1.4. Estructura de la tesis.

La tesis se encuentra desarrolla de acuerdo a la siguiente estructura:

Capítulo uno: Generalidades.

Este capítulo incluye el planteamiento del problema del objeto de estudio, la justificación de la metodología a realizar para el

cumplimiento de los objetivos generales y específicos y por último la estructura de la tesis.

Capítulo dos: Marco teórico

Este capítulo presenta los principales conceptos del control estadístico de la calidad, el cual incluye técnicas como: El control estadístico del proceso, sus métodos gráficos para el análisis, cartas de control estadístico y el análisis de capacidad.

Capítulo tres: Análisis de la situación Actual.

Este capítulo presenta una descripción general de la empresa en estudio y una descripción del proceso a mejorar, para a continuación realizar la situación actual de los indicadores de desempeño de calidad que influyen en la calidad del producto terminado, finalmente en este capítulo se realiza un análisis de capacidad del proceso y el cálculo de los costos asociados al no cumplimiento de las especificaciones.

Capítulo cuatro: Propuesta de mejoras

Este capítulo presenta la aplicación el control estadístico de procesos, propuestas de mejora y el establecimiento de los indicadores para mantener las soluciones propuestas, también se realiza una

comparación de los costos asociados al no cumplimiento de las especificaciones del proceso actual vs. proceso bajo control estadístico de calidad.

Capítulo cinco: Conclusiones y Recomendaciones.

Al final de esta tesis se presentan las conclusiones sobre la aplicación del control estadístico en los procesos y los cambios propuestos como solución de mejora, también se detallan las recomendaciones las cuales permitirán mejorar el proceso.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Control estadístico del proceso.

El producto o servicio que brinda una empresa, es el resultado de un proceso en el que participan varias actividades interrelacionadas las cuales transforman entradas en salidas.

Juran sostiene que: Calidad es que: un producto sea adecuado para su uso”. Mientras que la American Society for Quality (ASQ), afirma que: La calidad es la totalidad de detalles y características de un producto o servicio que influyen en su capacidad para satisfacer las necesidades dadas [16].

La calidad final de un producto o servicio está relacionada con la forma en que las empresas manejan la calidad de sus procesos.

J. M. Juran define el control de calidad como: “El proceso de regulación a través del cual se puede medir la calidad real, compararla con las normas o las especificaciones y actuar sobre la diferencia” [17].

El control estadístico de la calidad, es la parte del control de calidad que utiliza técnicas estadísticas. Técnicas que permiten realizar un análisis adecuado de los datos de un proceso para mejorar su calidad.

2.1.1. Métodos gráficos para el análisis.

Estas son herramientas básicas en el control estadístico de un proceso. A continuación se describen las utilizadas para el desarrollo de esta tesis.

Mapeo del proceso.

Es una representación gráfica de un proceso en la que se detallan las etapas y variables del mismo. Estos pueden darse en tres niveles: macro (toda una organización), nivel local (todo un proceso) o nivel micro (un subproceso en particular) [18].

La Figura 2.1 muestra los símbolos para el mapeo de proceso y pasos para realizar una de sus aplicaciones.

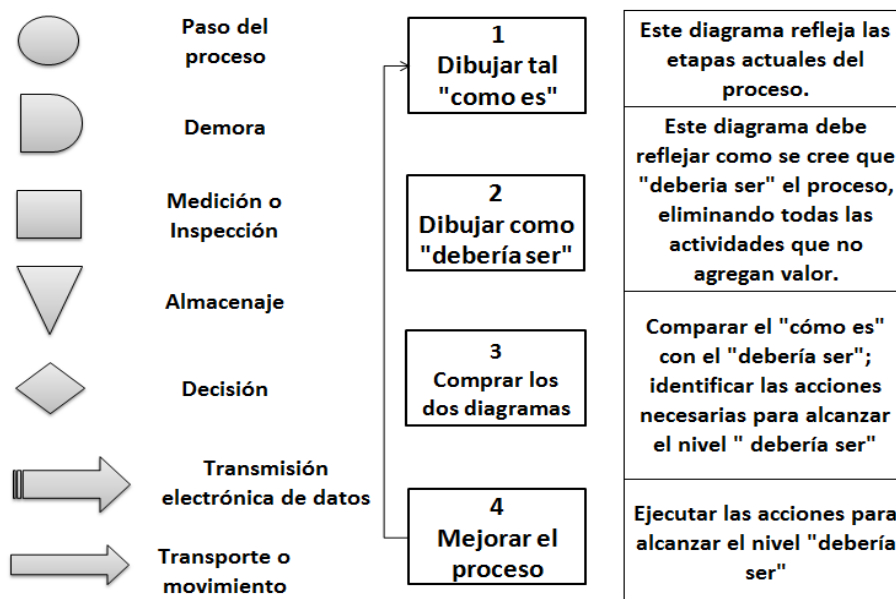


Figura 2.1: Símbolos para el mapeo de proceso y pasos para realizar una de sus aplicaciones.

Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto, también llamado curva 80-20 o Distribución A-B-C, es un gráfico de barras similar al histograma que se conjuga con una ojiva o curva de tipo creciente y que representa en forma decreciente el grado de importancia o peso que tienen los diferentes factores que afectan a un proceso, operación o resultado [19].

El diagrama permite mostrar gráficamente el principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales), es decir, que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos graves. Mediante la gráfica colocamos los "pocos vitales" a la izquierda y los "muchos triviales" a la derecha [20].

A continuación se muestra un ejemplo de una gráfica de Pareto.

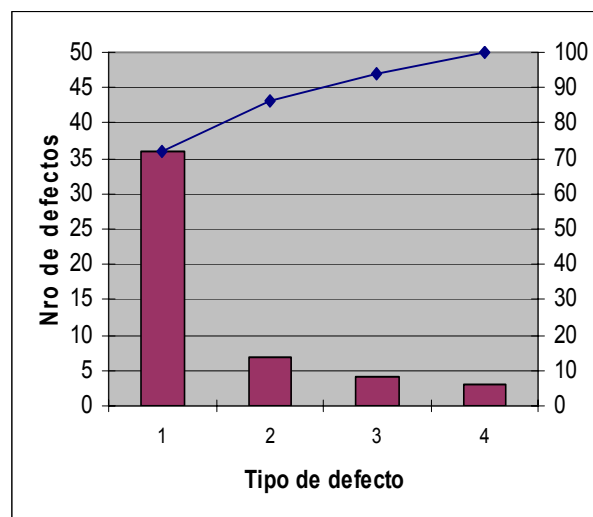


Figura 2.2: Ejemplo de un Diagrama Pareto

Ventajas y Utilidades del diagrama de Pareto

Ayuda a concentrarse en las causas que tendrán mayor impacto en caso de ser resueltas.

Proporciona una visión simple y rápida de la importancia relativa de los problemas.

Determinar cuál es la causa clave de un problema, separándola de otras presentes pero menos importantes.

Contrastar la efectividad de las mejoras obtenidas, comparando sucesivos diagramas obtenidos en momentos diferentes.

Diagrama de Ishikawa.

El diagrama de Ishikawa, o Diagrama Causa-Efecto, es una herramienta que ayuda a identificar, clasificar y poner de manifiesto posibles causas, tanto de problemas específicos como de características de calidad. Ilustra gráficamente las relaciones existentes entre un resultado dado (efectos) y los factores (causas) que influyen en ese resultado [21].

Antes de realizar un diagrama causa-efecto (Figura 2.3) se escoge una característica de calidad, luego se procede a realizar los siguientes pasos:

1. Dibujar un diagrama en blanco.
2. Escribir de forma breve el problema o efecto.
3. Escribir las categorías que generen el problema; por lo general son siete pero estas varían según el caso: máquina,

mano de obra, materiales, métodos, moneda, medio ambiente y materia prima.

4. Realizar una lluvia de ideas (brainstorming) de posibles causas y relacionarlas a cada categoría.
5. Preguntarse ¿por qué? a cada causa, no más de dos o tres veces.
6. Empieza por enfocar tus variaciones en las causas seleccionadas como fácil de implementar y de alto impacto.

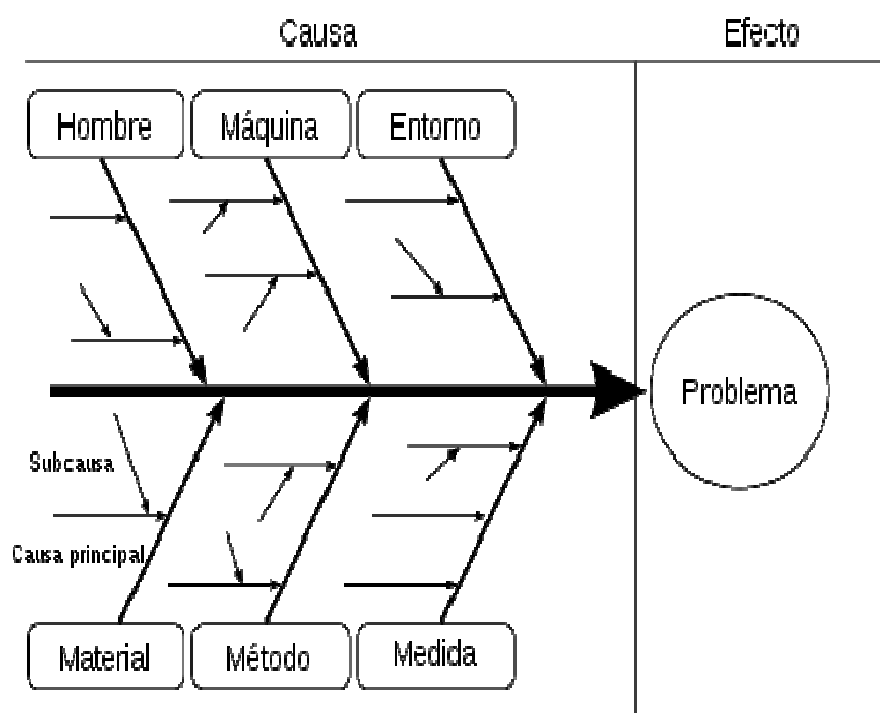


Figura 2.3: Ejemplo de un Diagrama Ishikawa

2.1.2. Cartas de control estadístico.

Para mejorar los procesos se requieren tres actividades básicas:

Estabilizar los procesos (lograr control estadístico), mediante la identificación y eliminación de causas especiales.

Mejorar el proceso mismo, reduciendo la variación debida a causas comunes.

Monitorear el proceso para asegurar que las mejoras se mantienen y para detectar oportunidades adicionales de mejora.

Prueba de normalidad para variables.

Los datos que se utilizarán para graficar las cartas de control deben presentar propiedades de una distribución normal.

Existen muchas pruebas para verificar normalidad en los datos recolectados y para este trabajo se ha seleccionado el procedimiento de bondad de ajuste: Kolmogorov-Smirnov.

La Prueba de Kolmogorov-Smirnov, permite medir el grado de concordancia existente entre la distribución de un conjunto de

datos y una distribución teórica específica. Su objetivo es señalar si los datos provienen de una población que tiene la distribución teórica especificada [22].

Mediante esta prueba se compara la distribución acumulada de las frecuencias teóricas con la distribución acumulada de las frecuencias observadas, se encuentra el punto de divergencia máxima y se determina qué probabilidad existe de que una diferencia de esa magnitud se deba al azar.

La distribución de los datos F_n para n observaciones y_i se define como:

$$F_n(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \begin{cases} 1 & \text{si } y_i \leq x, \\ 0 & \text{alternativa.} \end{cases}$$

Para dos colas el estadístico viene dado por:

$$D = \max |F_n(\chi) - F_0(\chi)|$$

Donde:

$F_n(x)$: es la función de distribución muestral y $F_0(x)$ la función teórica o correspondiente a la población normal especificada en la hipótesis nula.

Planteamiento de la hipótesis.

Hipótesis nula (Ho): Los datos se distribuyen como una distribución normal.

Hipótesis alterna (Ha): Los datos NO se distribuyen como una distribución normal.

Regla de Rechazo, $D > D_n^\alpha$

Donde:

D: diferencia máxima.

$$D_n^\alpha = \left\{ \begin{array}{ll} Si & 5 \leq n \leq 50, \quad 0.7688 n^{-0.4088} \\ Si & n > 50, \quad 1.031 n^{-0.5} \end{array} \right\}$$

Cartas de Control

Son gráficas que sirven para observar y analizar con datos estadísticos la variabilidad y el comportamiento de un proceso a través del tiempo.

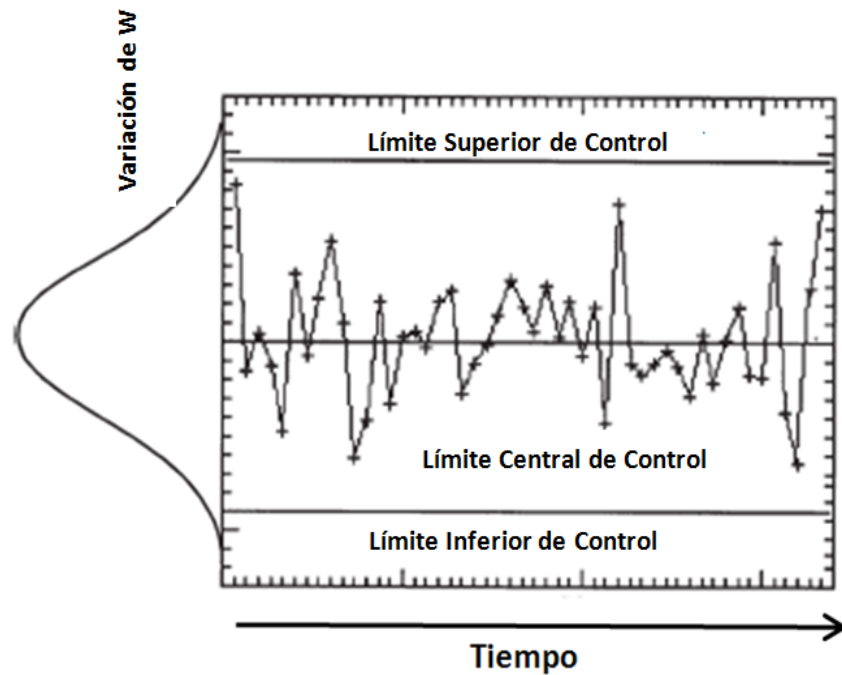


Figura 2.4: Carta de control

Existen dos tipos de cartas de control:

Cartas de Control para variables, son diagramas que se aplican a variables o características de calidad de tipo continuo por ejemplo: pesos, volúmenes, longitudes.

Cartas de control para atributos, diagramas que se aplican al control de características de calidad del tipo “pasa, no-pasa” o donde se cuenta el número de conformidades que tienen los productos analizados.

Para este estudio se seleccionaron las cartas de control de Individuales y Rango móvil, debido a que las pruebas que se le realizaron a las botas de PVC son de tipo destructiva por lo que luego de realizar pruebas no podrán ser aptas para la venta.

Es por esta razón que se tomaron 30 botas de manera aleatoria por turno y por máquina dando así un total de 120 observaciones para monitorear el porcentaje de carbonato de calcio y los espesores de la bota.

Para analizar el porcentaje de carbonato de calcio primero se corta una muestra de la caña y de la suela, luego por medio de un horno el cual se encuentra a altas temperaturas se realiza la calcinación de las muestras: este es un proceso químico e industrial que consiste en calentar un material, sin fundirlo, con el fin de eliminar sus componentes volátiles. Una vez consumido la muestra se realiza un análisis comparativo de los pesos inicial y final, obteniendo así en porcentajes la cantidad de carbonato de calcio presente en las muestras.

Por otra parte, para realizar el análisis del espesor de las botas se requiere cortar una muestra de la parte 1 y 2 para luego realizar la medición del espesor de la muestra por medio de un micrómetro digital.

Las cartas de Individuales y rango móvil, pertenecen a las cartas de control para variables y el capítulo 7 del libro: Gutiérrez y De la Vara, Control estadístico de calidad y seis sigmas, primera Edición, Editorial Mc. Graw Hill, las define de la siguiente manera.

Cartas de Individuales, diagrama para variables de tipo continuo que se aplica a procesos lentos y/o donde hay un espacio largo de tiempo entre una medición y la siguiente.

Algunas situaciones en las que esto ocurre:

Sólo puede obtenerse una observación por lote o partida de material.

En procesos continuos o de *batch* en los cuales no tiene sentido hablar de “individuos”;

Se requiere realizar una comparación directa con las especificaciones.

Los límites se obtienen con la expresión $\mu_x \pm 3\sigma_x$. Donde μ_x y σ_x son la media y la desviación estándar del proceso, respectivamente. En un estudio inicial, estos parámetros se estiman de la siguiente manera:

$$\mu_x = \bar{X} \text{ y } \sigma_x = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{\bar{R}}{1.128}$$

Donde, $\bar{X}$ es la media de las mediciones de los sub grupos, y $\bar{R}$ es la media de los rangos de orden 2 (rango entre dos observaciones sucesivas en el proceso, al dividir el rango promedio entre la constante d_2 se obtiene una estimación de la desviación estándar del proceso, σ . Además como en este caso, el rango móvil es de orden 2, entonces el valor de n para determinar d_2 será $n = 2$; por tanto, de acuerdo dice cuando $n = 2$, $d_2 = 1.128$. De lo anterior se concluye que los límites de control para una carta de individuales están dados por:

$$\bar{X} \pm 3 \left(\frac{\bar{R}}{1.128} \right)$$

Cartas de rangos móviles, se ha usado como complemento a la carta de individuales, donde se diseña el rango móvil de orden 2 para detectar cambios en la dispersión del proceso. Los límites de ésta carta están dados por:

Límite de control inferior= 0

Línea central= $\bar{R}$

$$\text{Límite de control superior} = D_4 \bar{R}$$

2.1.3. Análisis de capacidad.

El Análisis de la Capacidad del proceso se utiliza con dos objetivos principales, implicando ambos las especificaciones del producto:

1. ¿Cómo ayuda a la predicción?. ¿Es éste proceso capaz de cumplir permanentemente con las especificaciones del producto?
2. ¿Cómo ayuda al análisis?. ¿Por qué éste proceso no cumple con las especificaciones establecidas?

La principal razón para cuantificar la capacidad de un proceso es la de calcular la habilidad del proceso para mantener dentro de las especificaciones del producto.

Para procesos que están bajo control estadístico, una comparación de la variación de 6σ con los límites de especificaciones permite un fácil cálculo del porcentaje de defectuosos mediante la tolerancia estadística convencional.

El Capítulo 5: Índices de Capacidad y análisis de tolerancia, del libro: Gutiérrez y De la Vara, Control estadístico de calidad y

seis sigma, primera Edición, Editorial Mc. Graw Hill, define el Índice de capacidad real del proceso de la siguiente manera:

Índice de capacidad del proceso, es la fórmula utilizada para calcular la habilidad del proceso de cumplir con las especificaciones y se expresa de la siguiente manera:

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\hat{\sigma}}$$

Donde:

C_p : Capacidad potencial del proceso.

LSE: Límite superior Especificado

LIE: Límite inferior Especificado

σ : Desviación estándar de los datos individuales

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

Donde:

$\bar{R}$ = Promedio de los rangos de la carta de control.

d_2 = Constante de cálculo.

El C_{pk} puede asumir varios valores, que los analistas clasifican entre valor 1 y valor 4 según sea la habilidad del proceso para cumplir con las especificaciones:

Tabla 1

Clases del proceso.

C_P .	Clase de proceso	Decisión
$C_P > 1.33$	1	Más que adecuado, incluso puede exigirse más en términos de su capacidad.
$1 < C_P < 1.33$	2	Adecuado para lo que fue diseñado. Requiere control estrecho si se acerca al valor de 1
$0.67 < C_P < 1$	3	No es adecuado para cumplir con el diseño inicial.
$C_P < 0.67$	4	No es adecuado para cumplir con el diseño inicial.

Otra medida para la cuantificación del índice de capacidad de proceso es el C_{pk} , que está definido como el menor valor encontrado entre el C_{ps} y el C_{pi} , que se define como:

$$C_{ps} = \frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma} \quad C_{pi} = \frac{\bar{X} - LIE}{3\sigma}$$

Donde:

C_{ps} : Capacidad de proceso teniendo en cuenta únicamente la especificación superior del proceso.

LIE: Límite de especificación inferior de la variable

LSE: Límite de especificación superior de la variable

$\bar{X}$: Valor promedio encontrado de los datos

σ : Desviación estándar del proceso

C_{ps} y C_{pi} solo evalúan la mitad de la distribución de los datos teniendo en cuenta solo 3σ . Es útil cuando la especificación de la variable, solo se expresa como un máximo o como un mínimo, para indicar al analista en que sector de la especificación (superior o inferior) se presenta más riesgo de incumplimiento de los valores establecidos.

Los valores de C_{pk} , son ampliamente utilizados como indicadores de la calidad de un proceso o producto.

El valor de $C_{pk} = 1.33$ se ha establecido como un parámetro deseado porque la obtención de este valor en un proceso o producto, significa que por cada 10,000 mediciones 3 de ellas existe la probabilidad estadística que se encuentre fuera de los límites de especificación.

Estado el proceso

Una de las tareas básicas para caracterizar y mejorar un proceso es evaluar su estado en cuanto a capacidad y estabilidad, ya que en función de estos el proceso tendrá cuatro categorías:

- Estable y Capaz.
- Capaz pero Inestable.
- Estable pero Incapaz.
- Inestable e Incapaz.

Estas categorías permiten conocer si un proceso es capaz de cumplir con las distintas especificaciones de calidad.

La Figura 2.6, muestra los posibles estados de un proceso en función de los índices de inestabilidad S_t y de capacidad C_{pk} .

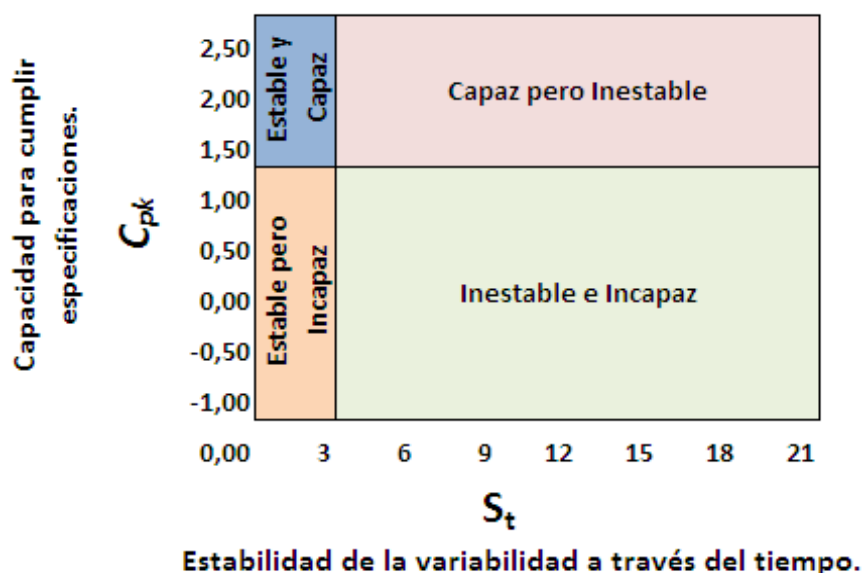


Figura 2.5: Estado de un proceso.

Proceso capaz, proceso que cumple con especificaciones de tal forma que el nivel de disconformidades es suficientemente bajo para garantizar que no habrá esfuerzos inmediatos para tratar de bajarlas y mejorar así su capacidad [23].

Estabilidad de un proceso, un proceso tiene estabilidad si su desempeño es predecible en el futuro inmediato, y se dice que está en control [24].

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1. Descripción general de la empresa

La empresa en estudio inició sus actividades en el año de 1961 en la ciudad de Guayaquil, donde la idea de fabricación de productos plásticos a gran escala en el Ecuador fue dada por un visionario que en los años 50 tenía un almacén entre cuyos artículos vendía productos plásticos.

Para el año 1964 esta empresa lanza al mercado la industria de calzado y botas de PVC. Hoy en día este producto cuenta con una demanda de 100.000 botas al mes las cuales se comercializa en: Ecuador, Perú, Colombia y Panamá (datos históricos proporcionados por la empresa en estudio).

Además de contar con la línea de botas de PVC, esta empresa cuenta con nueve líneas de productos plásticos los cuales son fabricados en tres plantas diferentes.

En el kilómetro siete vía Daule se encuentran las líneas de Botas, Calzado y Muñecas. En el kilómetro once vía Daule se encuentra la

planta que produce: Zapatillas, Planchas de Eva y Foamy. En el kilómetro nueve vía Daule, se fabrican artículos para el hogar, sillas, mesas y gavetas, además en esta misma planta se encuentra la bodega de producto terminado que almacena todos los productos de las plantas existentes.

Para el año 2007, esta empresa exportó sus diferentes productos a los mercados de Argentina, Bolivia, Colombia, Costa Rica, Nicaragua, Panamá, Perú y República Dominicana, teniendo así una participación en las exportaciones totales FOB de 0.08% [24].

Para exportar sus productos esta empresa cuenta con representantes locales en cada país, ver Figura 3.1.

En Ecuador los productos se comercializan a través de los siguientes canales de distribución: Locales comerciales propios a nivel nacional, mayoristas provinciales, supermercados, y tiendas de terceros en todo el país, ver Figura 3.1.



Figura 3.1 : Canales de Distribución de los productos que se fabrican en la empresa de estudio

3.2. Descripción del proceso

Las botas de PVC, se encuentran dentro de la línea de calzado plástico, estas son de caña color negro y suela color crema. La Figura 3.2 muestra cada una de las partes de la bota.



Figura 3.2: Partes de la bota de PVC

La Norma Técnica Colombiana; NTC 2385, edición 1994, trata sobre Plásticos. Botas de poli (cloruro de vinilo) (PVC) para uso industrial, esta define a cada una de las partes de la bota como:

Caña: parte de la bota ubicada sobre la suela, que cubre la pierna.

Cinta Superior: refuerzo colocado alrededor del extremo superior de la caña de la bota, que tiene como fin dar una apariencia de acabado y fortalecer el borde.

Capellada: área del frente de la bota que cubre la punta del pie y la parte baja del empeine.

Puntera: refuerzo externo ubicado en la punta de la bota colocado sobre el área de la suela.

Tacón: parte de la suela que proporciona la superficie para caminar

Suela: componente externo de la planta de la bota, cuya superficie toca el suelo y está expuesta al desgaste.

La fabricación de botas de PVC está compuesta de tres etapas que son: Elaboración del compuesto en pellets, Inyección, Rebabeo y Empaquetamiento. La Figura 3.3 muestra el diagrama funcional del proceso de fabricación de las botas de PVC.

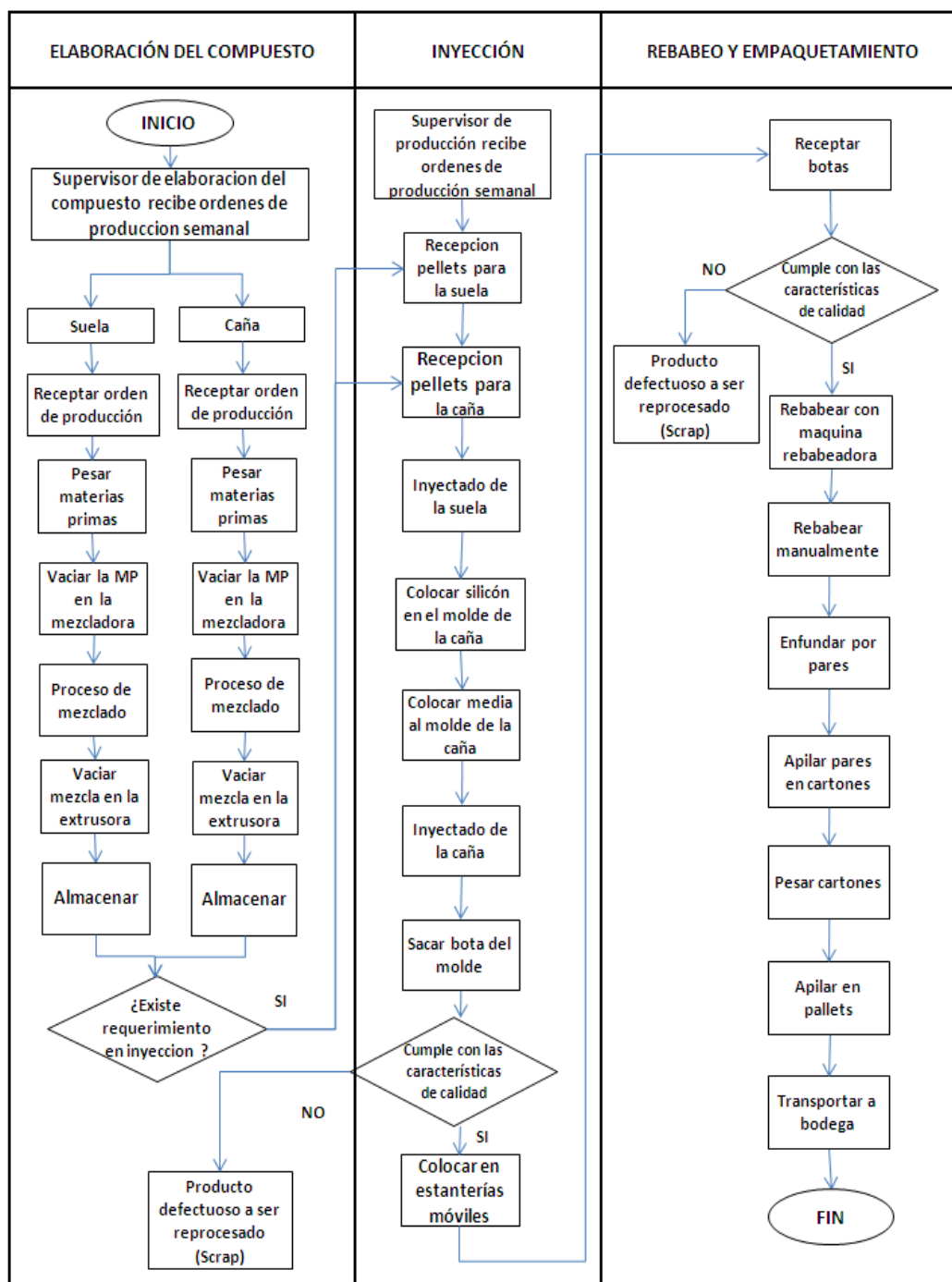


Figura 3.3: Diagrama Funcional del Proceso de fabricación de Botas de PVC.

Elaboración del compuesto en pellets

Esta área consta con dos máquinas mezcladoras y dos máquinas extrusoras las cuales son utilizadas para obtener diferentes compuestos a partir del PVC para diferentes productos que elabora esta industria. También se tienen 2 balanzas electrónicas y una mecánica de resorte.

La elaboración del compuesto para la caña y suela son realizadas en máquinas diferentes.

Como se muestra en la Figura 3.3, en la sección de elaboración del compuesto en pellets, el supervisor de procesado emite la orden de producción la cual es receptada por uno de los mezcladores de turno. Este procede según sea para la caña o suela a pesar la cantidad especificada de las materias primas como son la resina de PVC y los aditivos: plastificante, estabilizante, carga, lubricante, pigmento, y para la caña se le agrega una cantidad adicional de Scrap. La materia prima es mezclada en caliente a no más de 100°C, por medio de una mezcladora de alta velocidad a 100 amperio, luego ésta mezcla es puesta en la máquina extrusora para obtener los pellets, los cuales son almacenados para su posterior utilización.

Responsables:

Supervisor de Procesado: Encargado de emitir las órdenes de producción, Reportar los avances semanales, Controlar los procesos de mezclado y molienda de Scrap.

Mezcladores: Existen tres operarios por turno de los cuales dos son responsables de realizar el mezclado y el otro de transportar el compuesto hacia el área de inyección. Aquí existe una rotación del personal por turno y actividad (dos operadores preparan el compuesto y el otro se encarga de transportar el compuesto al área de inyección).

Inyección

Las botas de PVC en estudio son obtenidas de dos máquinas inyectoras las cuales son: MG 2000 y MG 2000 A.

Como se muestra en la Figura 3.3, en la sección de Inyección, el supervisor de producción recibe órdenes de producción semanal y éste a su vez emite la cantidad de componente a necesitar al supervisor de procesado.

Los componentes para la caña y suela son transportados hacia la máquina inyectora, para realizar el proceso de inyección y así obtener la inyectada de la bota (ver Figura 3.3).

La inyección de termoplásticos (Figura 3.4), es un proceso físico y reversible, en el que se funde una materia prima llamada termoplástico, por el efecto del calor, en una máquina llamada inyectora. Esta máquina con el termoplástico en estado fundido, lo inyecta, dentro de las cavidades huecas de un molde, con una determinada presión, velocidad y temperatura. Transcurrido un cierto tiempo, el plástico fundido en el molde, va perdiendo su calor y volviéndose sólido, copiando las formas de las partes huecas del molde donde ha estado alojado. El resultado es un trozo de plástico sólido, pero con las formas y dimensiones similares a las partes huecas del molde. A este termoplástico solidificado se le llama inyectada [25].

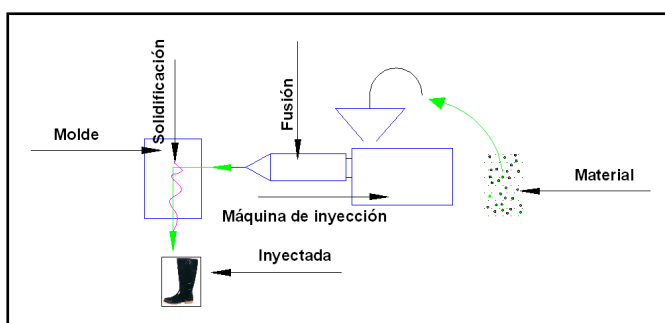


Figura 3.4: Proceso de Inyección

Tal como se muestra en la Figura 3.3, luego de que se realiza la inyección de la suela: el operario 1 coloca silicón en el molde de la caña, posteriormente el operario 2 saca los bebederos de la caña y coloca una media al molde de la caña. Luego, se procede al inyectado de la caña, aquí el operario 1 retira la bota, realiza una inspección de calidad, la cual consiste en observar que las botas tengan una buena apariencia sin defectos visibles y que tengan espesores homogéneos, si esto se cumple, las botas pasan a la estantería móvil, caso contrario son consideradas como producto defectuoso los cuales luego del proceso de molienda pasarán como scrap.

Tan pronto que la estantería móvil esté llena o se termine con la orden de producción del día, es transportada al área de rebabeo y empaquetamiento.

Responsables:

Supervisor de Producción: Encargado de emitir las órdenes de producción, reportar los avances semanales de producción, scrap, paros de máquinas, eficiencias.

Operarios: Dos por máquinas y por turno.

Jefe de mecánicos: Responsable de toda el área de inyección.

Mecánicos: Encargados de toda el área de inyección.

Rebabeo y Empaquetamiento.

En esta área existe una máquina rebabeadora y una balanza analítica.

El proceso de rebabeo así como se muestra en la Figura 3.3 sección de Rebabeo y Empaquetamiento, consiste en quitar el exceso de material que se puede producir alrededor de la bota o entre caña y suela.

Primero, las botas son receptadas por medio de estanterías móviles: en esta área se realiza una inspección de calidad para observar posibles botas defectuosas, luego este mismo operario realiza el rebabeo por medio de la máquina rebabeadora, a continuación otro operario realiza el rebabeo manual y finalmente el último operario enfunda las botas por pares, las coloca en cartones, los pesa y luego estos cartones son puestos en pallets para su posterior almacenamiento en bodega.

Responsables:

Supervisor de Empaque: Responsable de las operaciones de rebabeo y empaquetamiento del área de calzado plástico y reportar los avances semanales.

Operarios: Tres por turno.

3.3. Descripción del proceso de toma de datos.

Tomando en consideración que las pruebas para verificar el Porcentaje de carbonato de calcio y el Espesor de las botas son destructivas, se tomaron treinta botas de manera aleatoria por turno y por máquina dando así un total de 120 observaciones.

Las muestras fueron tomadas de la estantería que almacena las botas recién inyectadas, listas para ser enviadas al área de rebabeo y empaquetamiento.

La estantería que almacena las botas consta de cuatro filas con una capacidad de almacenamiento en total de 164 a 168 pares de botas de donde cada observación fue seleccionada de manera aleatoria.

Luego de la recolección de las muestras se procedió a realizar las pruebas de calidad: porcentaje de carbonato de calcio y espesor de las botas, las cuales para este estudio serán las variables críticas de calidad.

El porcentaje de carbonato de calcio interviene en la calidad con la abrasión es decir; un porcentaje mayor al establecido por fórmula provocará que las botas se desgasten más rápidamente con el tiempo por el uso.

Mientras que los espesores influyen en la percepción que tiene el cliente sobre la calidad del producto, como también por ejemplo influye en la ergonomía al caminar y poder realizar correctamente las labores destinadas con el uso de las botas.

A continuación se detalla el proceso de pruebas de calidad.

Prueba: Porcentaje de carbonato de calcio, esta determina en porcentajes si se está utilizando el peso establecido por fórmula del carbonato de calcio. Con la relación equivalente del porcentaje obtenido igual al peso establecido por fórmula.

El carbonato de Calcio es utilizado como carga para la elaboración del compuesto en pellets de la caña (4 Kg de Tiza B) y de la suela (2 Kg de Tiza A).

Dada la relación equivalente del porcentaje obtenido igual al peso establecido por fórmula, se tiene como especificaciones que el porcentaje de carbonato de calcio presente en la caña debe ser menor a 4% debido a que la cantidad utilizada en la caña es de 4 Kg,

mientras que en la suela este debe ser menor al 2%, debido a que la cantidad utilizada de carbonato de calcio en la caña es de 2 Kg.

Es muy importante no excederse en las cantidades que se indica en la formulación al momento de pesar esta materia prima. Debido que al existir una mayor cantidad en kilogramos de carbonato de calcio, provocaría que la bota sea más propensa a la abrasión, desgastándose así más rápidamente con el tiempo por el uso.

Esta prueba se realizará para cada uno de los turnos.

Espesor de las botas, mediante la medición de los espesores superior e inferior de la parte de la caña de la bota, de la parte uno y parte dos respectivamente; como se muestra en la Figura 3.5, determinaremos la homogeneidad entre los espesores izquierdos y derechos de la misma bota.

Para el diseño de las cartas de control se tomarán las diferencias entre los espesores derechos e izquierdo de cada bota, debido a que se busca que el resultado de este valor sea el mínimo posible, ya que así se podrá analizar la homogeneidad que existe entre ambos espesores actualmente.



Figura 3.5: Selección de partes para medir espesores.

Se desea que tanto las medidas de los espesores izquierdos y derechos sean en lo posible iguales.

Esta prueba fue realizada por máquina y por turno.

3.4. Situación actual de los indicadores de calidad.

Esta empresa no lleva registros de los controles de calidad que realiza a sus productos terminados para el área de inyección y para este caso de estudio para las botas de PVC.

Junto con el supervisor de producción, el encargado del laboratorio y demás personal de planta se seleccionaron dos pruebas de calidad las cuales fueron:

- a. Porcentaje de carbonato de calcio.
- b. Espesor de las botas.

Resultados de las pruebas realizadas

Los Anexos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9, muestran los resultados de las pruebas de calidad: Porcentaje de carbonato de calcio y Espesor de la bota de PVC, que se realizaron a las treinta botas.

Para determinar si los datos obtenidos se distribuyen de una manera normal, se utilizó la Prueba de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov, su metodología de análisis está detallada en el Capítulo 2.

Los Anexos 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18, muestran el resultado de las pruebas de normalidad que se les hizo a éstas dos variables de calidad: Porcentaje de carbonato de calcio y Espesor de la bota de PVC. Se puede observar que para todas las pruebas el valor de p-valué es mayor a 0.05, de ahí que se puede decir que existe suficiente evidencia estadística para decir que los datos siguen una distribución normal.

a. Prueba: Porcentaje de carbonato de calcio

La Figura 3.6 muestra la carta de individuales del primer turno para el porcentaje de carbonato de calcio realizada en la suela.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en esta carta:

$$\text{Límite central (LC)} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{52.9}{30} = 1.76$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n} = \frac{27.90}{29} = 0.96$$

$$\text{Límite superior (LSC)} = \bar{X} + 3 \left(\frac{\bar{R}}{1.128} \right) = 1.76 + 3 \left(\frac{0.96}{1.128} \right) = 4.32$$

Se observa un punto fuera de los límites de control, de ahí que se puede decir que el proceso está fuera de control estadístico de calidad.

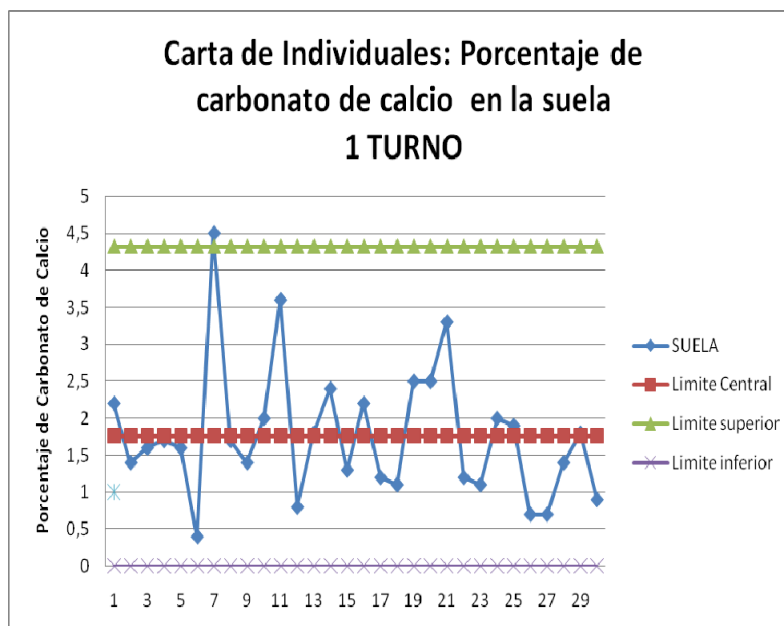


Figura 3.6: Carta de control de individuales, botas de PVC, Porcentaje de carbonato de calcio en la suela, I turno.

La Figura 3.7 muestra la carta de rango móvil del primer turno para el porcentaje de carbonato de calcio realizada en la suela.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en esta carta:

Límite Superior es igual 3.15 %.

Límite central es igual a 0.96 %.

Se observa un punto fuera de los límites de control, de ahí que se puede decir que el proceso está fuera de control estadístico de calidad.

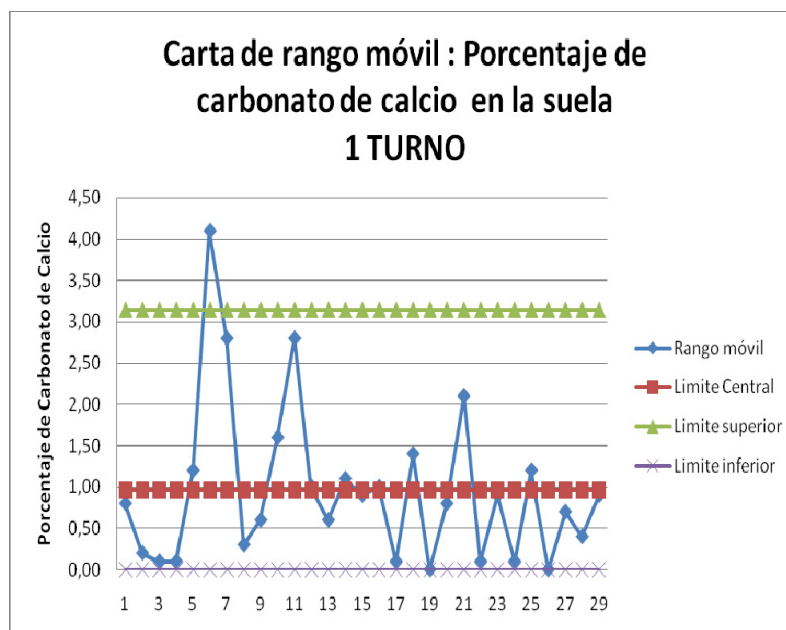


Figura 3.7 : Carta de control de rangos móviles, botas de PVC,
Porcentaje de carbonato de calcio en la suela, I turno.

La Figura 3.8 muestra la carta de individuales del primer turno para el porcentaje de carbonato de calcio realizada en la suela.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en esta carta:

Límite Superior es igual 11.05 %

Límite central es igual a 6.79 %

Esta carta no presenta puntos fuera de los límites de control, por lo que el proceso se encuentra bajo control estadístico de calidad.

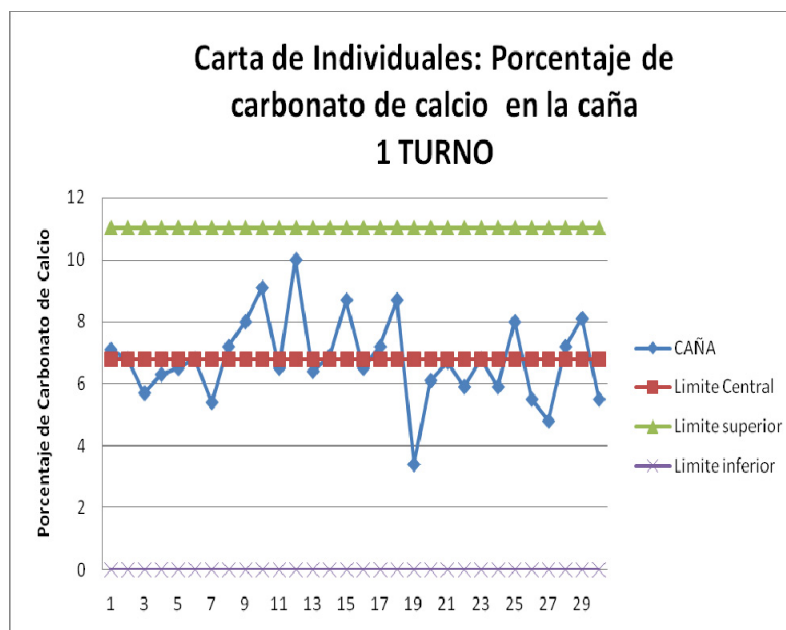


Figura 3.8: Carta de control de individuales, botas de PVC, Porcentaje de carbonato de calcio en la caña, I turno.

La Figura 3.9 muestra la carta de rango móvil del primer turno para el porcentaje de carbonato de calcio realizada en la caña.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en esta carta:

Límite Superior es igual 5.23 %.

Límite central es igual a 1.60%.

Se observa un punto fuera de los límites de control, de ahí que se puede decir que el proceso está fuera de control estadístico de calidad.

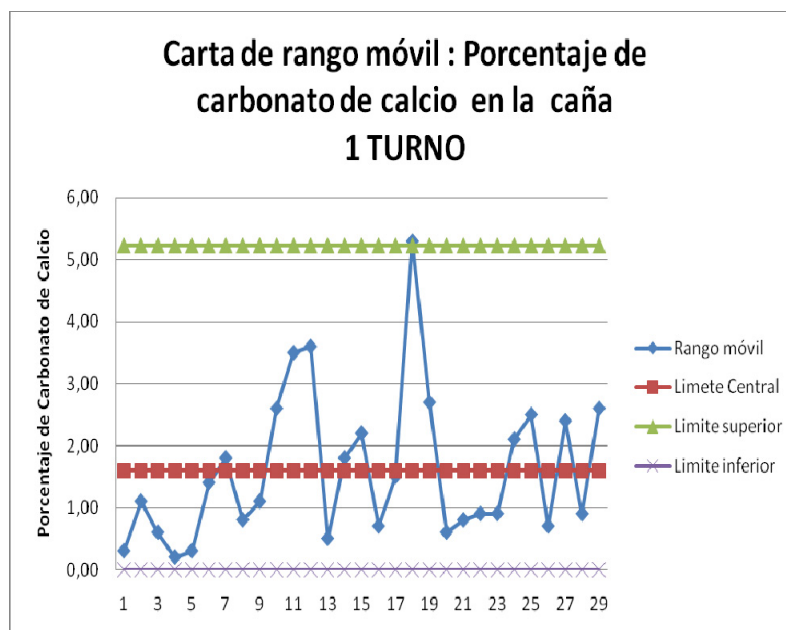


Figura 3.9 : Carta de control de rangos móviles, botas de PVC,
Porcentaje de carbonato de calcio en la caña, I turno.

La Figura 3.10 muestra la carta de individuales del segundo turno para el porcentaje de carbonato de calcio realizada en la suela.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en esta carta:

Límite Superior es igual 3.480%.

Límite central es igual a 1.37%.

Se observa un punto fuera de los límites de control, de ahí que se puede decir que el proceso está fuera de control estadístico de calidad.

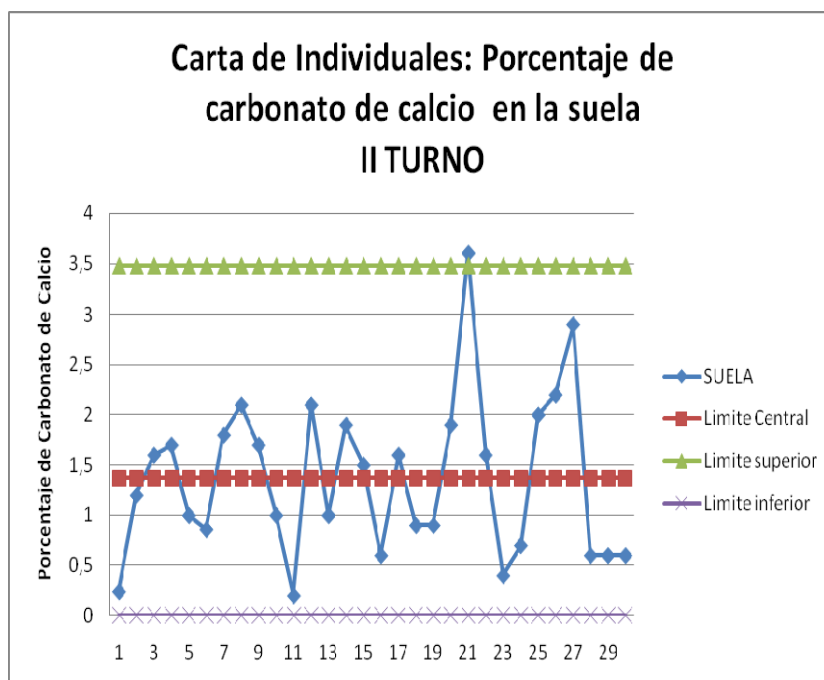


Figura 3.10: Carta de control de individuales, botas de PVC,
Porcentaje de carbonato de calcio en la suela, II turno.

La Figura 3.11 muestra la carta de rango móvil del segundo turno para el porcentaje de carbonato de calcio realizada en la suela.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en esta carta:

Límite Superior es igual 2.598 %.

Límite central es igual a 0.794%.

Esta carta no presenta puntos fuera de los límites de control, por lo que el proceso se encuentra bajo control estadístico de calidad.

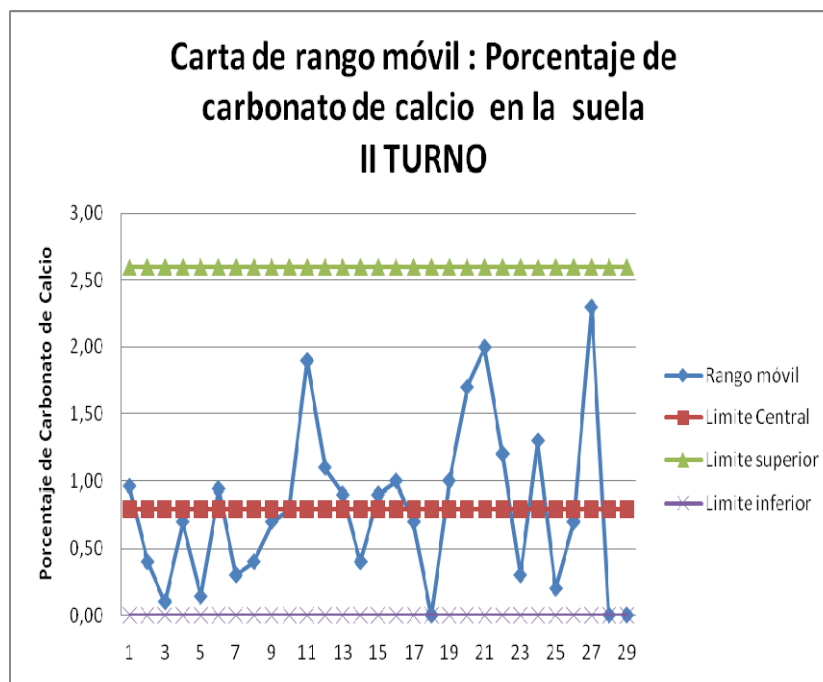


Figura 3.11 : Carta de control de rangos móviles, botas de PVC,
Porcentaje de carbonato de calcio en la suela, II turno.

La Figura 3.12 muestra la carta de individuales del segundo turno para el porcentaje de carbonato de calcio realizada en la caña.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en esta carta:

Límite Superior es igual 10.290%.

Límite central es igual a 6.24%.

Esta carta no presenta puntos fuera de los límites de control, por lo que el proceso se encuentra bajo control estadístico de calidad.

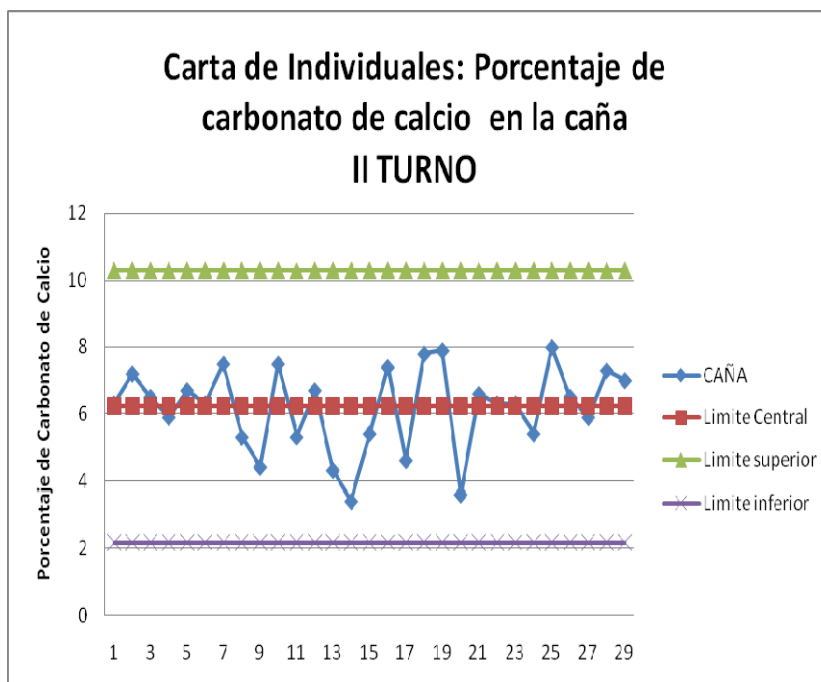


Figura 3.12: Carta de control de individuales, botas de PVC, Porcentaje de carbonato de calcio en la caña, II turno.

La Figura 3.13 muestra la carta de rango móvil del segundo turno para el porcentaje de carbonato de calcio realizada en la caña.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en esta carta:

Límite Superior es igual 4.984%.

Límite central es igual a 1.52%.

Esta carta no presenta puntos fuera de los límites de control, por lo que el proceso se encuentra bajo control estadístico de calidad.

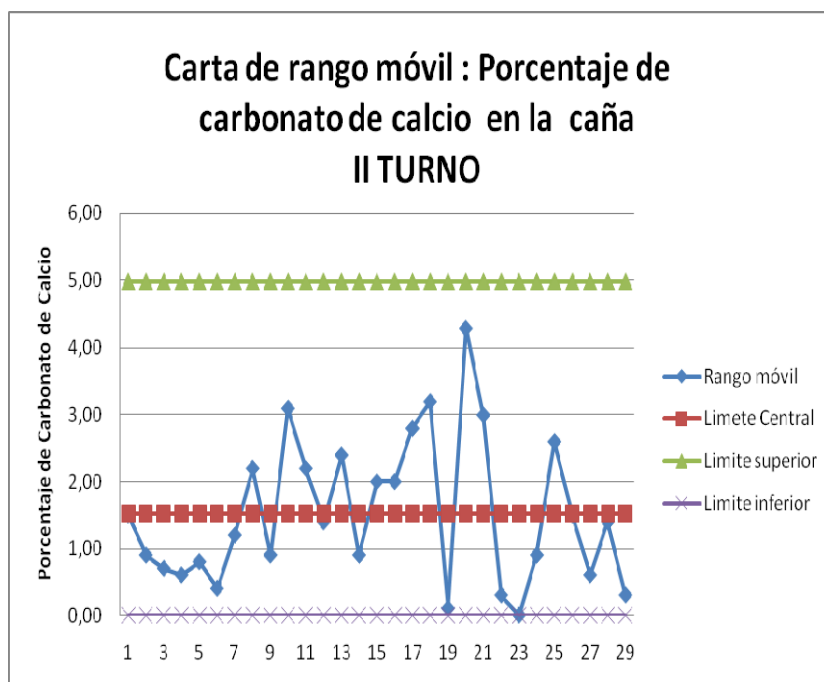


Figura 3.13 : Carta de control de rangos móviles, botas de PVC,
Porcentaje de carbonato de calcio en la caña, II turno.

La Tabla 2 muestra un resumen de los resultados de las cartas de individuales y rangos móviles de las pruebas de carbonato de calcio realizado a los dos turnos.

Tabla 2

Resumen de las cartas de control: Porcentaje de carbonato de calcio.

Turno	Carta	Parte de la bota de PVC	USL	μ	LSL	σ	¿Está bajo control estadístico de calidad?
1	(X)	Suela	4,32	1,76	0		NO
	(R)	Suela	3,15	0,96	0	0,85	NO
	(X)	Caña	11,05	6,79	0		SI
	(R)	Caña	5,23	1,6	0	1,42	NO
2	(X)	Suela	3,48	1,37	0		NO
	(R)	Suela	2,6	0,79	0	0,7	SI
	(X)	Caña	10,29	6,24	0		SI
	(R)	Caña	4,98	1,52	0	1,35	SI

b. Resultado de la prueba: Medición de espesor de bota de PVC

Para el diseño de las cartas de control se tomaron las diferencias entre los espesores derechos e izquierdo de cada bota, debido a que se busca que el resultado de este valor sea el mínimo posible, ya que así se podrá analizar la homogeneidad que existe entre ambos espesores actualmente.

Para realizar las cartas de control se consideraron los resultados de las diferencias entre espesores por bota de los Anexos 2 al 9, de la parte uno y dos, para la bota derecha e izquierda, por turno y por máquina.

Primer turno MG 2000, bota derecha, primera parte, tal como se muestra en la carta de individuales, en la Figura 3.14, no se presentan puntos fuera de los límites de control, lo que indica que el proceso se encuentra bajo control estadístico de calidad.

$$\text{Límite central (LC)} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{5,09}{30} = 0,17\text{mm}$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n} = \frac{4,53}{29} = 0,16,$$

$$\text{Límite superior de control (LSC)} = \bar{X} + 3\left(\frac{\bar{R}}{1,128}\right) = 0,17 + 3\frac{0,16}{1,128} = 0,59$$

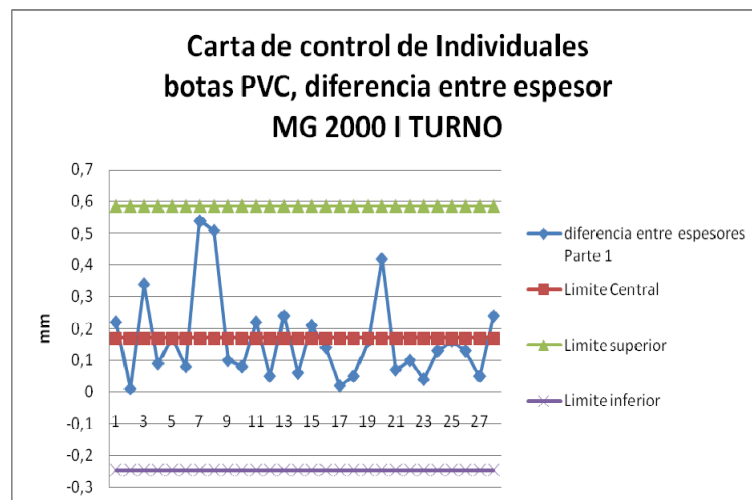


Figura 3.14 : Carta de control de Individuales, I parte bota derecha, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 I turno.

Primer turno MG 2000, bota derecha, primera parte, tal como se muestra en la Figura 3.15 se obtuvo como resultado en la carta de rangos móviles:

Límite superior de 0.51 mm

Límite central de 0.16 mm.

Esta carta no presenta puntos fuera de los límites de control, por lo que el proceso se encuentra bajo control estadístico de calidad.

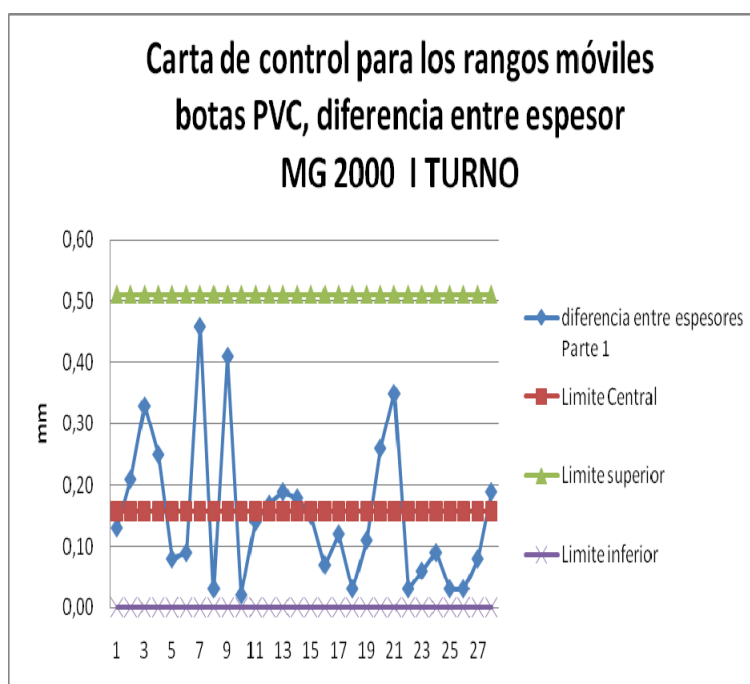


Figura 3.15: Carta de control de rangos móviles, I parte bota derecha, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 I turno.

Primer turno MG 2000, bota derecha, segunda parte, tal como se muestra en la Figura 3.16 se obtuvo como resultado en la carta de individuales:

Límite superior de 0.93 mm

Límite central de 0.27 mm.

Esta carta no presenta puntos fuera de los límites de control, por lo que el proceso se encuentra bajo control estadístico de calidad.

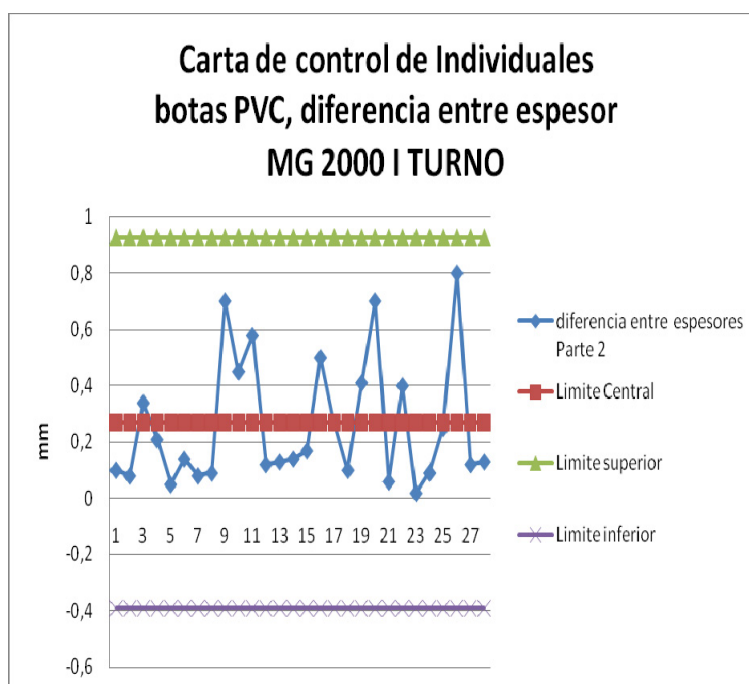


Figura 3.16 : Carta de control de Individuales, II parte bota derecha, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 I turno.

Primer turno MG 2000, bota derecha, segunda parte, tal como se muestra en la Figura 3.17 se obtuvo como resultado en la carta de rangos móviles:

Límite superior de 0.81 mm

Límite central 0.25 mm.

Esta carta no presenta puntos fuera de los límites de control, por lo que el proceso se encuentra bajo control estadístico de calidad.

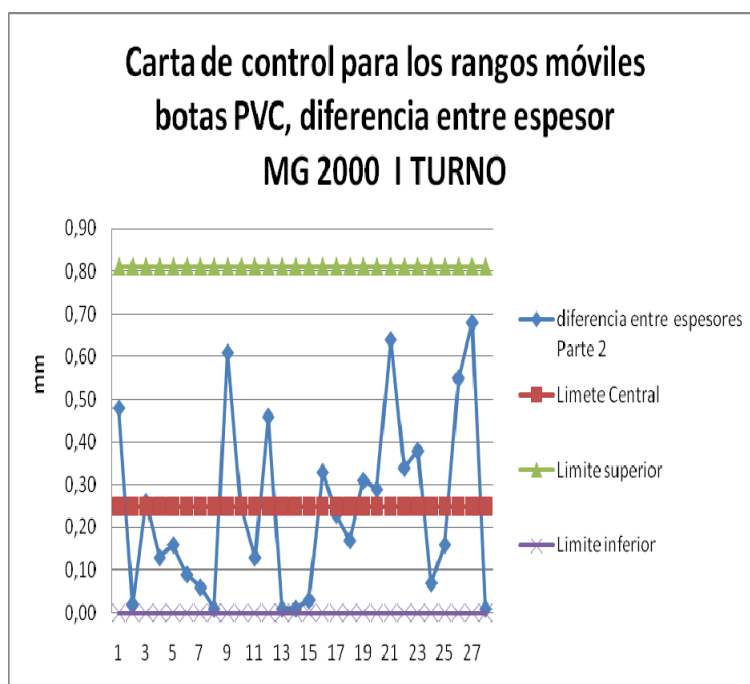


Figura 3.17: Carta de control de rangos móviles, II parte bota derecha, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 I turno.

Primer turno MG 2000, bota izquierda, primera parte, Figura 3.18 se obtuvo como resultado en la carta de individuales:

Límite superior de 0.82 mm

Límite central de 0.26 mm

Se observa un punto fuera de los límites de control, de ahí que se puede decir que el proceso está fuera de control estadístico de calidad.

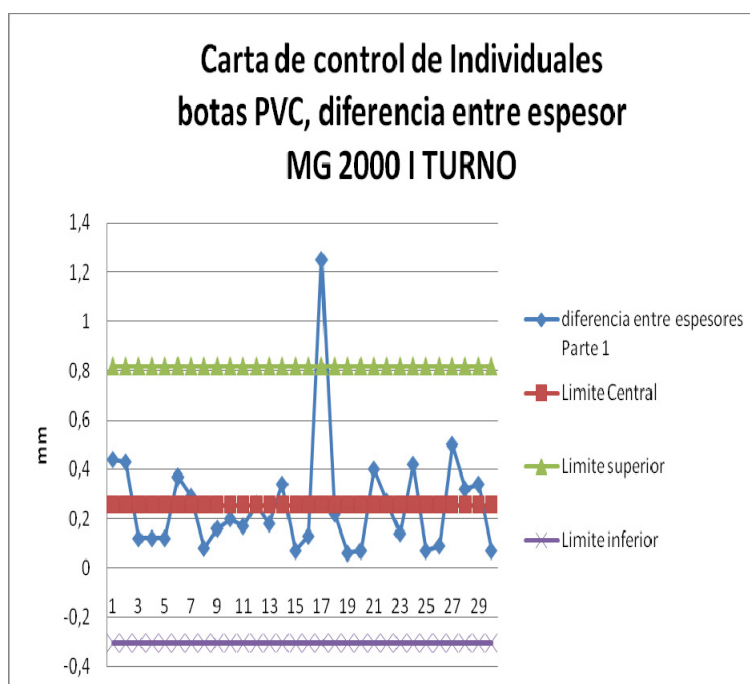


Figura 3.18 : Carta de control de Individuales, I parte bota izquierda, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 I turno.

Primer turno MG 2000, bota izquierda, primera parte, Figura 3.19 se obtuvo como resultado en la carta de rangos móviles:

Límite superior de 0.69 mm

Límite central 0.21 mm.

Se observa 2 puntos fuera de los límites de control, de ahí que se puede decir que el proceso está fuera de control estadístico de calidad.

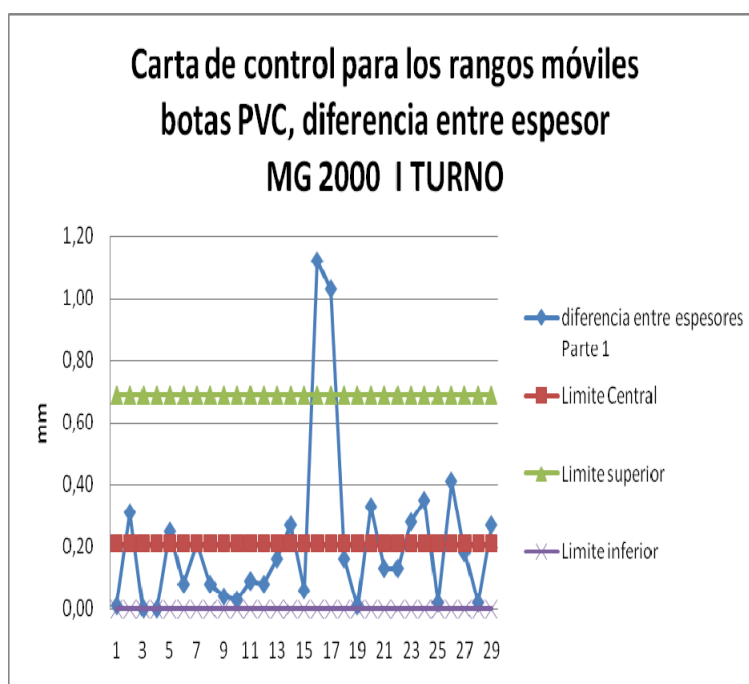


Figura 3.19: Carta de control de rangos móviles, I parte bota izquierda, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 I turno.

Primer turno MG 2000, bota izquierda, segunda parte, Figura 3.20 se obtuvo como resultado en la carta de individuales:

Límite superior de 1.82 mm

Límite central de 0.55 mm.

Esta carta no presenta puntos fuera de los límites de control, por lo que el proceso se encuentra bajo control estadístico de calidad.

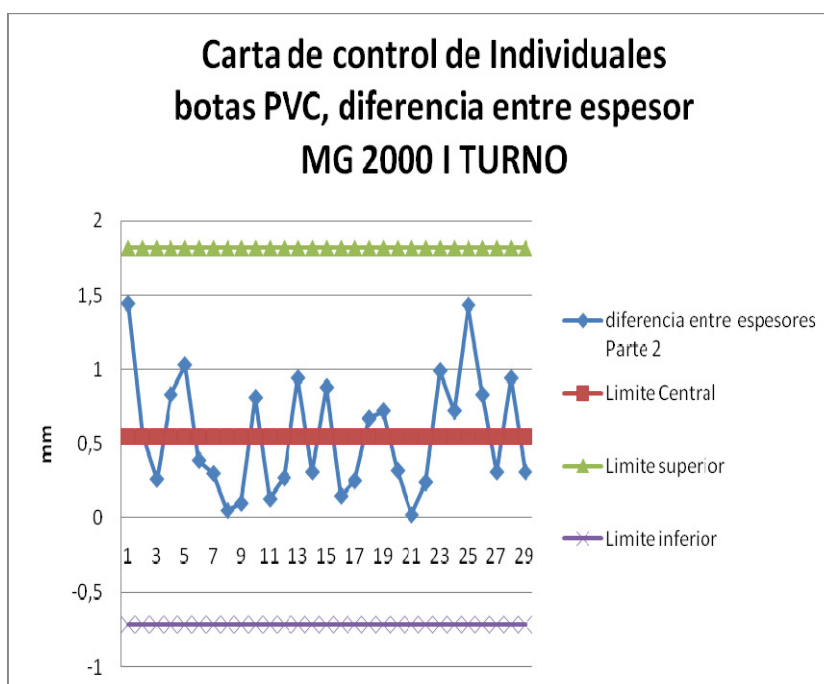


Figura 3.20 : Carta de control de Individuales, II parte bota izquierda, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 I turno.

Primer turno MG 2000, bota izquierda, segunda parte, Figura 3.21 se obtuvo como resultado en la carta de rangos móviles:

Límite superior de 1.56 mm

Límite central de 0.48 mm.

Esta carta no presenta puntos fuera de los límites de control, por lo que el proceso se encuentra bajo control estadístico de calidad.

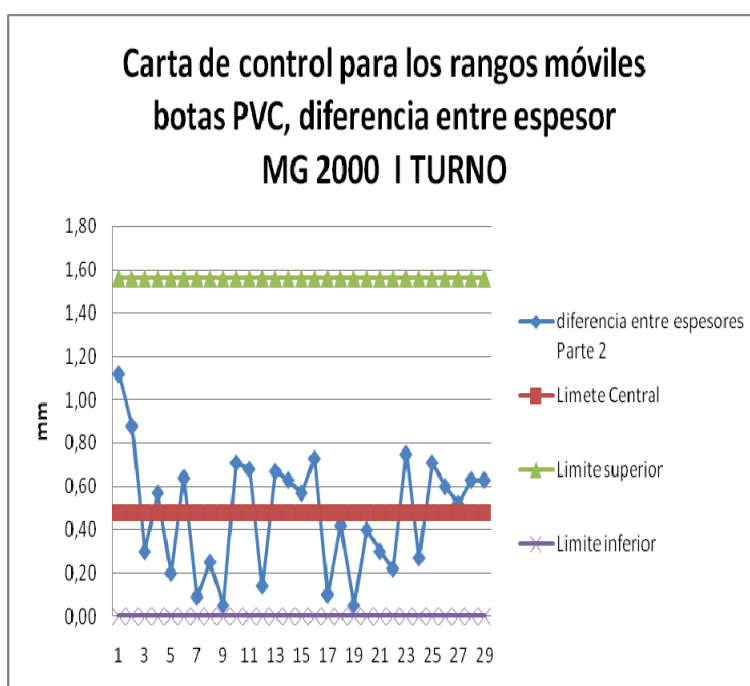


Figura 3.21: Carta de control de rangos móviles, II parte bota izquierda, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 I turno.

Segundo turno MG 2000, bota derecha, primera parte, Figura 3.22 se obtuvo como resultado en la carta de individuales:

Límite superior de 0.71 mm

Límite central de 0.19 mm.

Se observa 1 punto fuera de los límites de control, de ahí que se puede decir que el proceso está fuera de control estadístico de calidad.

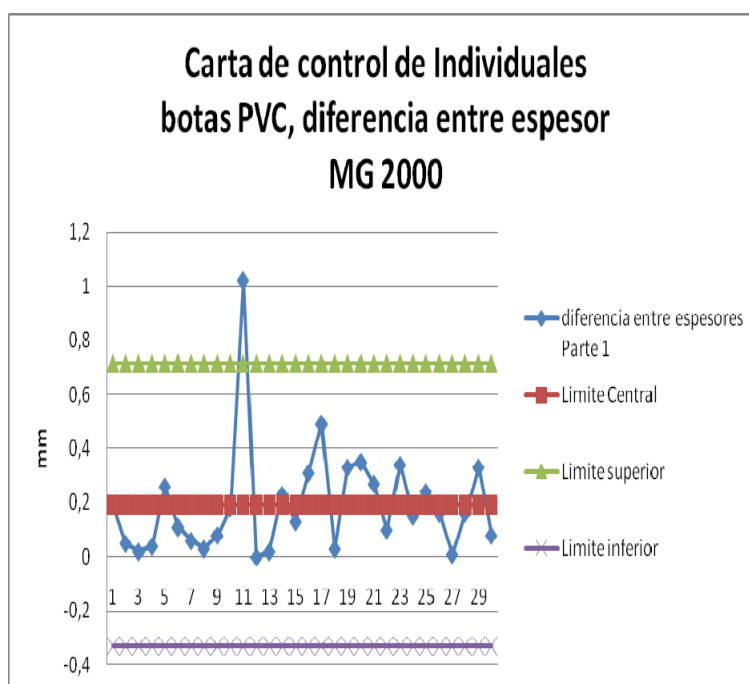


Figura 3.22 : Carta de control de Individuales, I parte bota derecha, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 II turno.

Segundo turno MG 2000, bota derecha, primera parte, Figura 3.23 se obtuvo como resultado en la carta de rangos móviles:

Límite superior es de 0.64 mm

Límite central es de 0.20 mm.

Se observa 2 puntos fuera de los límites de control, de ahí que se puede decir que el proceso está fuera de control estadístico de calidad.

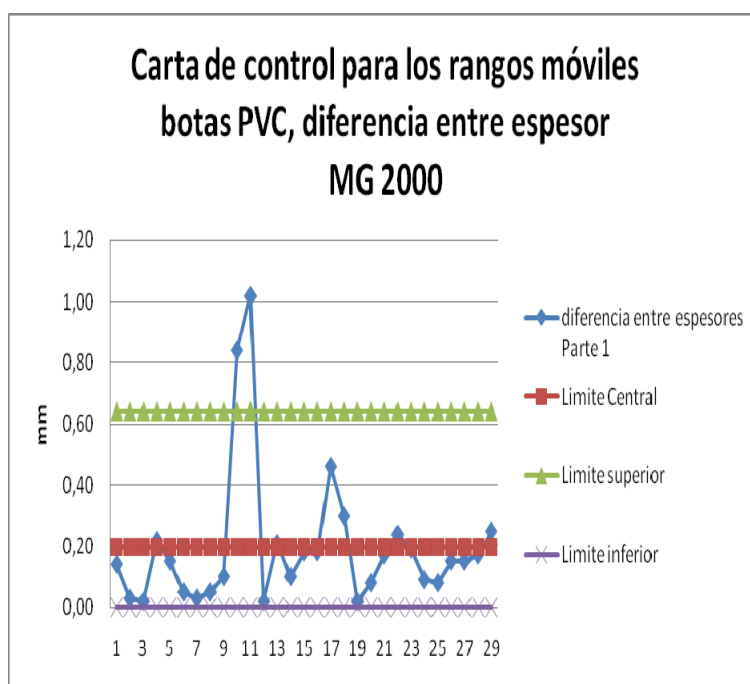


Figura 3.23: Carta de control de rangos móviles, I parte bota derecha, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 II turno.

Segundo turno MG 2000, bota derecha, segunda parte, Figura 3.24 se obtuvo como resultado en la carta de individuales:

Límite superior de 1.123 mm

Límite central de 0.32 mm.

Esta carta no presenta puntos fuera de los límites de control, por lo que el proceso se encuentra bajo control estadístico de calidad.

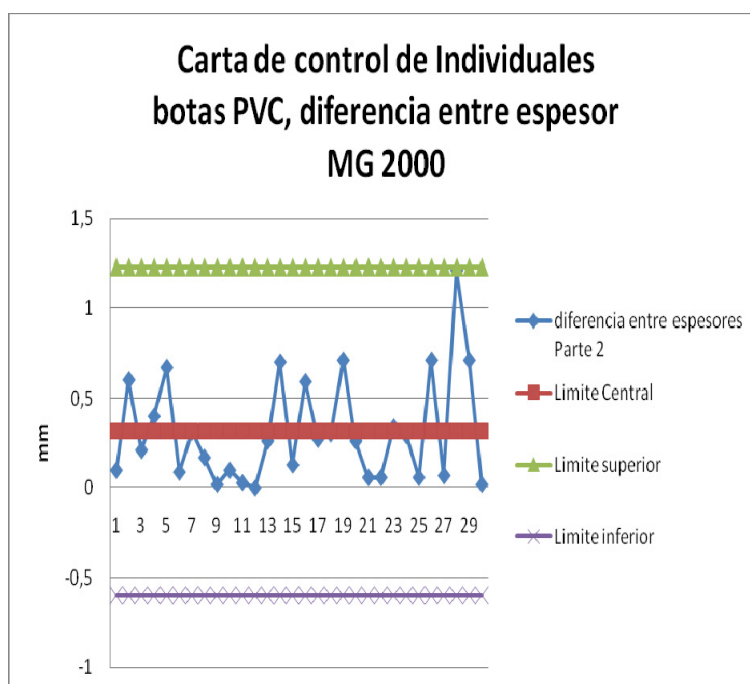


Figura 3.24 : Carta de control de Individuales, II parte bota derecha, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 II turno.

Segundo turno MG 2000, bota derecha, segunda parte, Figura 3.25 se obtuvo como resultado en la carta de rangos móviles:

Límite superior es igual a 1.12 mm

Límite central es igual a 0.34 mm.

Se observa 1 punto fuera de los límites de control, de ahí que se puede decir que el proceso está fuera de control estadístico de calidad.

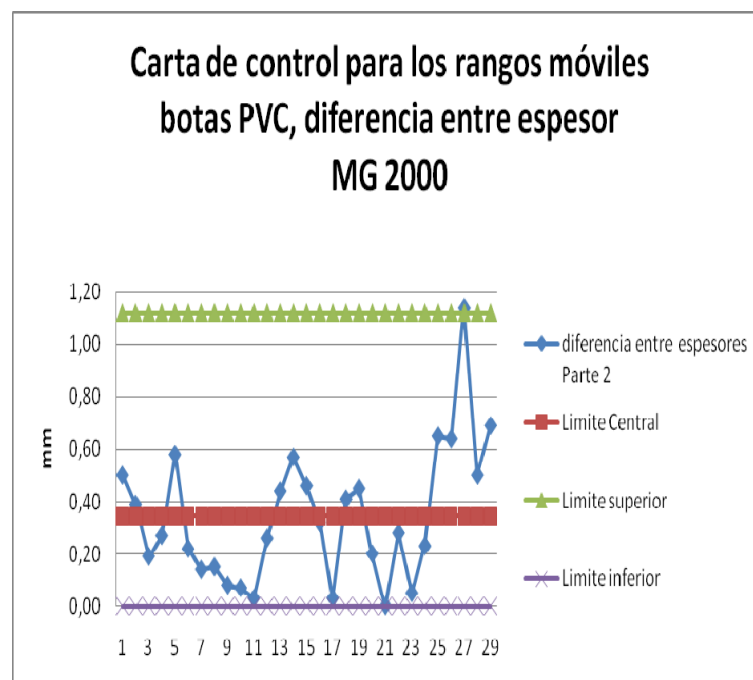


Figura 3.25: Carta de control de rangos móviles, II parte bota derecha, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 II turno.

Segundo turno MG 2000, bota izquierda, primera parte, Figura 3.26 se obtuvo como resultado en la carta de individuales:

Límite superior de 0.87 mm.

Límite central de 0.25 mm.

Esta carta no presenta puntos fuera de los límites de control, por lo que el proceso se encuentra bajo control estadístico de calidad.

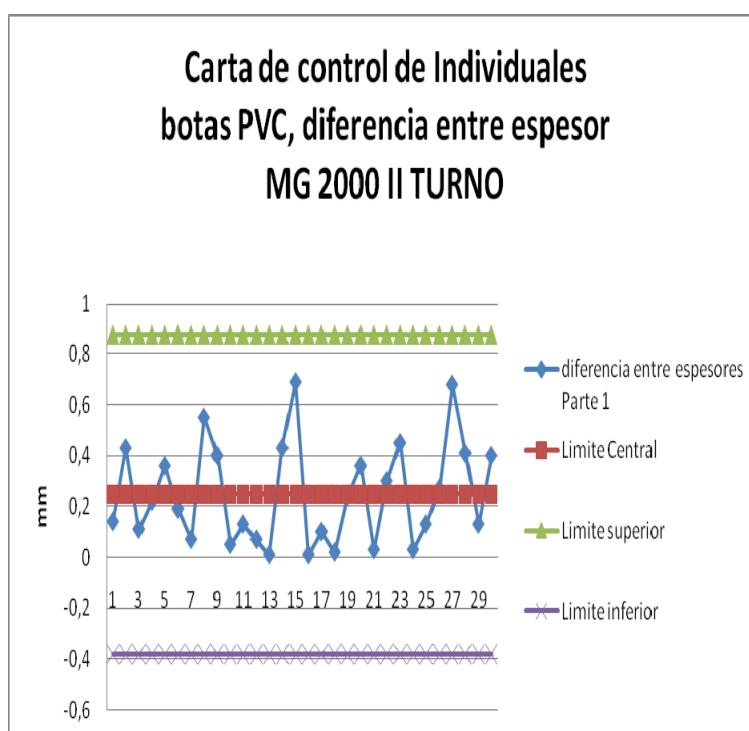


Figura 3.26 : Carta de control de Individuales, I parte bota izquierda, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 II turno.

Segundo turno MG 2000, bota izquierda, primera parte, Figura 3.27 se obtuvo como resultado en la carta de rangos móviles:

Límite superior de 0.77 mm

Límite central de 0.24 mm.

Esta carta no presenta puntos fuera de los límites de control, por lo que el proceso se encuentra bajo control estadístico de calidad.

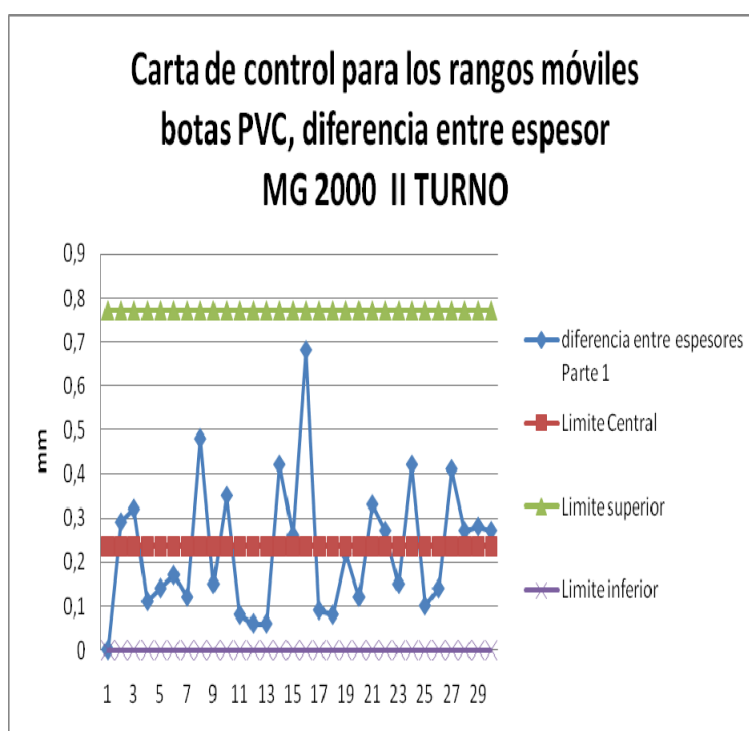


Figura 3.27: Carta de control de rangos móviles, I parte bota izquierda, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 II turno.

Segundo turno MG 2000, bota izquierda, segunda parte, Figura 3.28 se obtuvo como resultado en la carta de individuales:

Límite superior de 2.08 mm.

Límite central de 0.66 mm.

Esta carta no presenta puntos fuera de los límites de control, por lo que el proceso se encuentra bajo control estadístico de calidad.

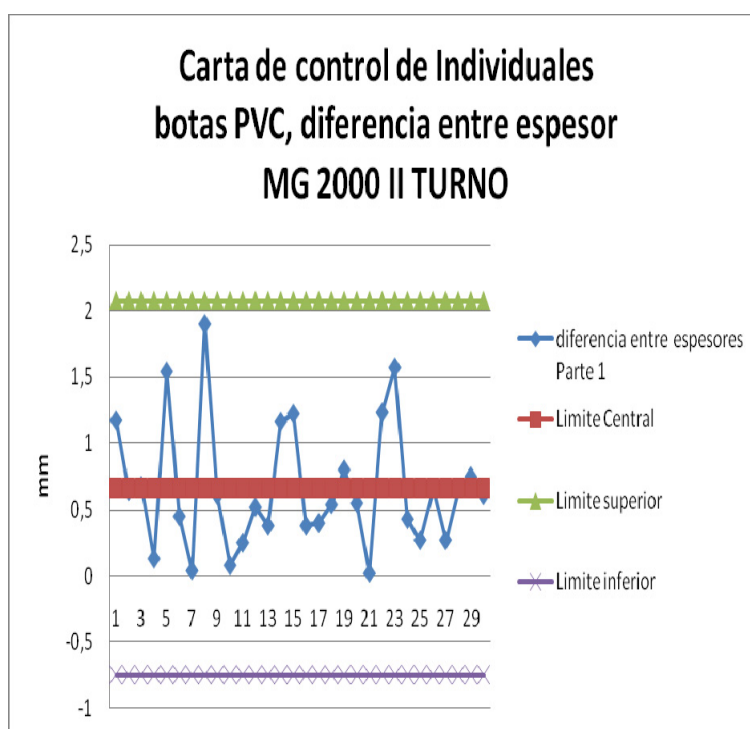


Figura 3.28 : Carta de control de Individuales, II parte bota izquierda, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 II turno.

Segundo turno MG 2000, bota izquierda, segunda parte, Figura 3.29 se obtuvo como resultado en la carta de rangos móviles:

Un límite superior de 1.74 mm

Un límite central de 0.53 mm.

Se observa 1 punto fuera de los límites de control, de ahí que se puede decir que el proceso está fuera de control estadístico de calidad.

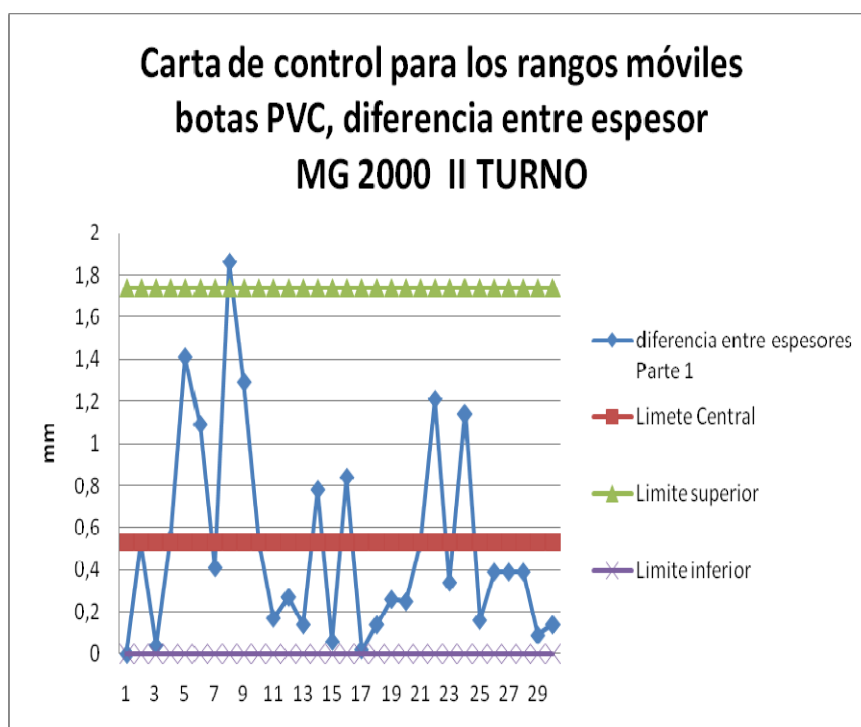


Figura 3.29: Carta de control de rangos móviles, II parte bota izquierda, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 II turno.

Primer turno MG 2000 A, bota derecha, primera parte, Figura 3.30 se obtuvo como resultado en la carta de individuales:

Un límite superior de 0.75 mm

Límite central de 0.21 mm.

Se observa 1 punto fuera de los límites de control, de ahí que se puede decir que el proceso está fuera de control estadístico de calidad.

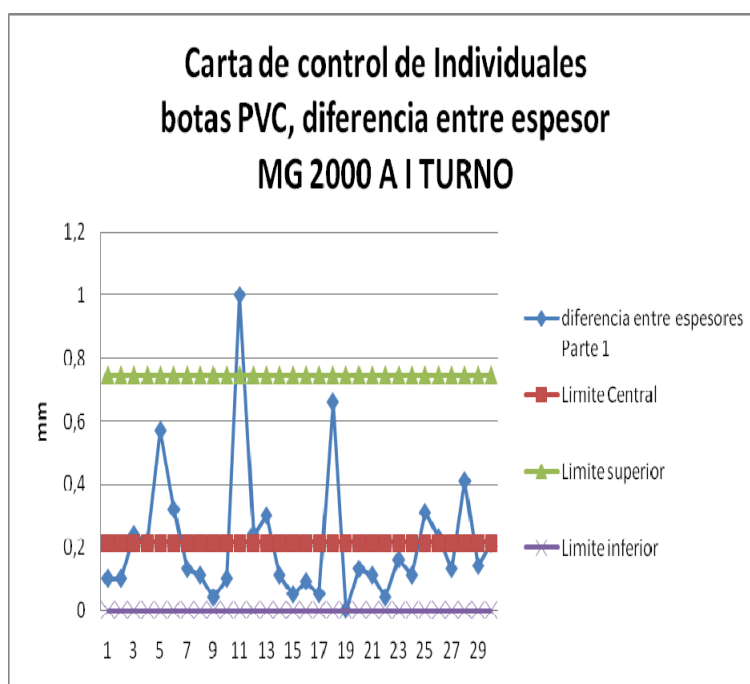


Figura 3.30 : Carta de control de Individuales, I parte bota derecha, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 A I turno.

Primer turno MG 2000 A, bota derecha, primera parte, Figura 3.31 se obtuvo como resultado en la carta de rangos móviles:

Límite superior de 0.66 mm

Límite central de 0.20 mm.

En la carta de rangos se presenta tres puntos fuera del límite establecido, por lo que está fuera de control estadístico de la calidad.

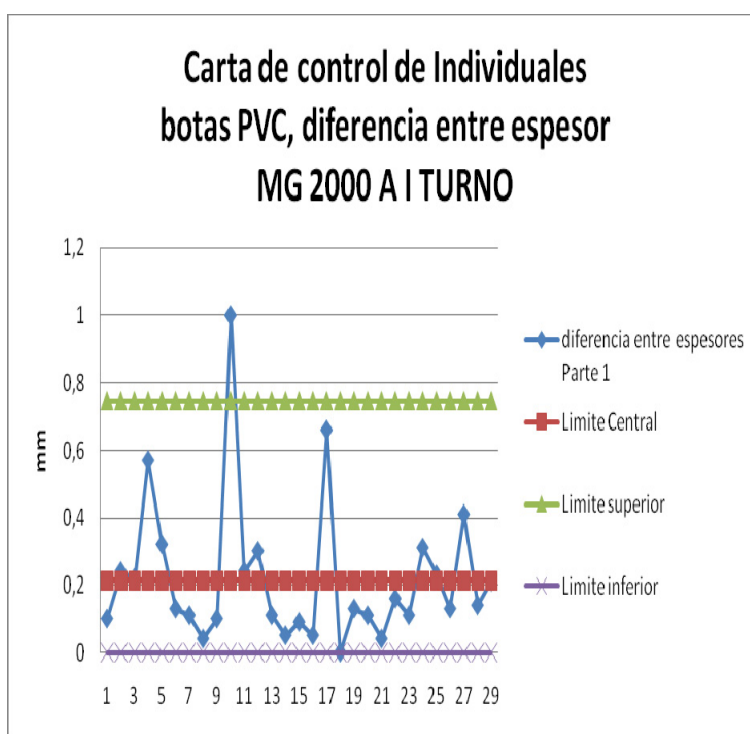


Figura 3.31: Carta de control de rangos móviles, I parte bota derecha, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 A I turno.

Primer turno MG 2000 A, bota derecha, segunda parte, Figura 3.32 se obtuvo como resultado en la carta de individuales:

Límite superior de 2.31 mm.

Límite central de 0.65 mm.

Se observa 1 punto fuera de los límites de control, de ahí que se puede decir que el proceso está fuera de control estadístico de calidad.

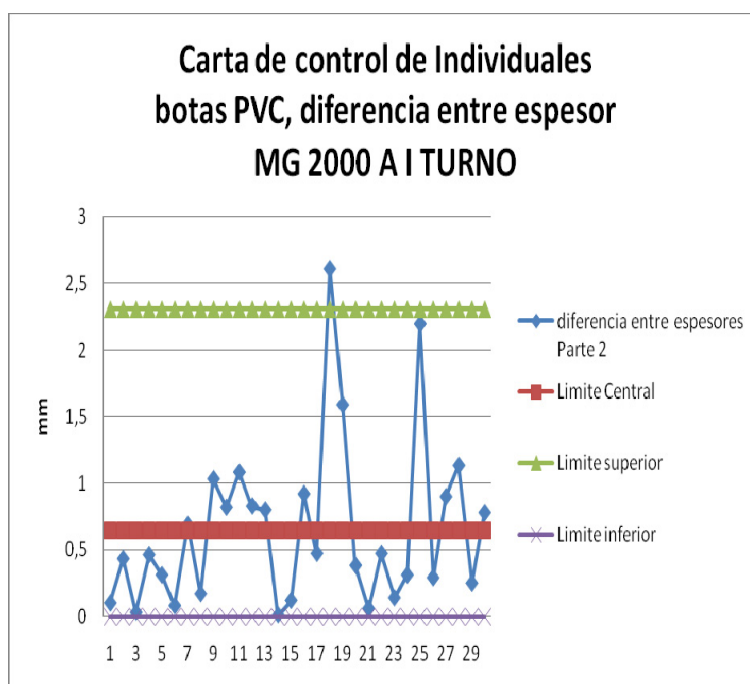


Figura 3.32 : Carta de control de Individuales, II parte bota derecha, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 A I turno.

Primer turno MG 2000 A, bota derecha, segunda parte, Figura 3.33 se obtuvo como resultado en la carta de rangos móviles:

Límite superior de 2.04 mm

Límite central de 0.62 mm

Se observa 1 punto fuera de los límites de control, de ahí que se puede decir que el proceso está fuera de control estadístico de calidad.

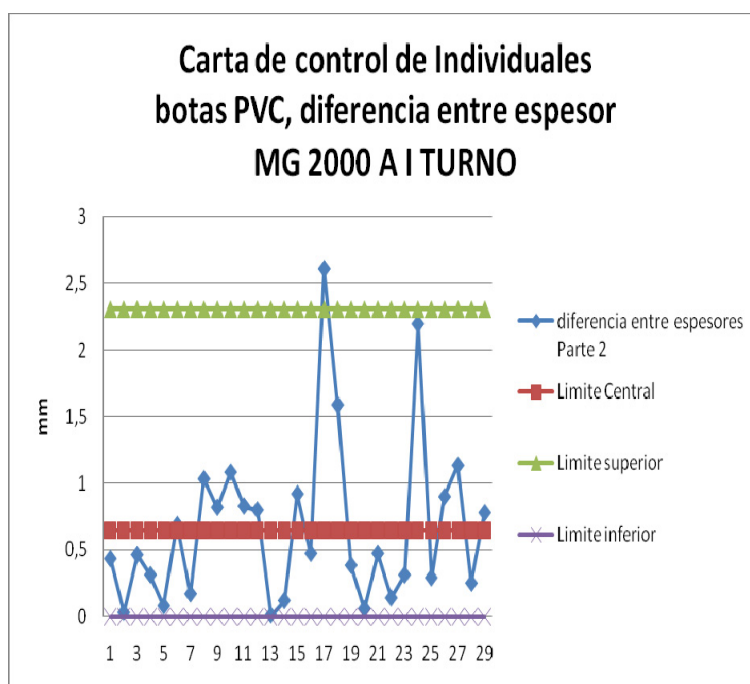


Figura 3.33: Carta de control de rangos móviles, II parte bota derecha, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 A I turno.

Primer turno MG 2000 A, bota izquierda, primera parte, Figura 3.4 se obtuvo como resultado en la carta de individuales:

Límite superior de 0.69 mm

Límite central de 0.25 mm.

Se observa 2 puntos fuera de los límites de control, de ahí que se puede decir que el proceso está fuera de control estadístico de calidad.

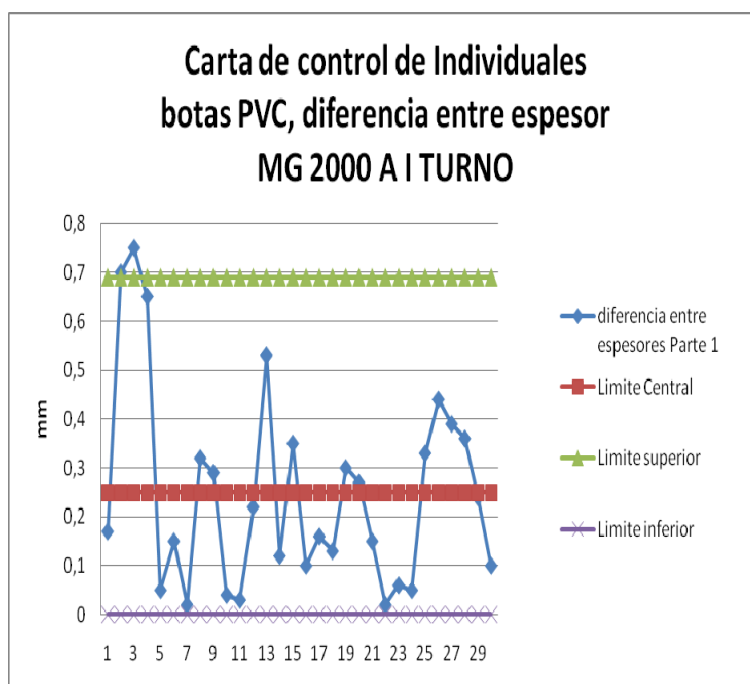


Figura 3.34 : Carta de control de Individuales, I parte bota izquierda, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 A I turno.

Primer turno MG 2000 A, bota izquierda, primera parte, Figura 3.35 se obtuvo como resultado en la carta de de rangos móviles:

Límite superior de 0.54 mm.

Límite central 0.17 mm.

Se observa 1 punto fuera de los límites de control, de ahí que se puede decir que el proceso está fuera de control estadístico de calidad.

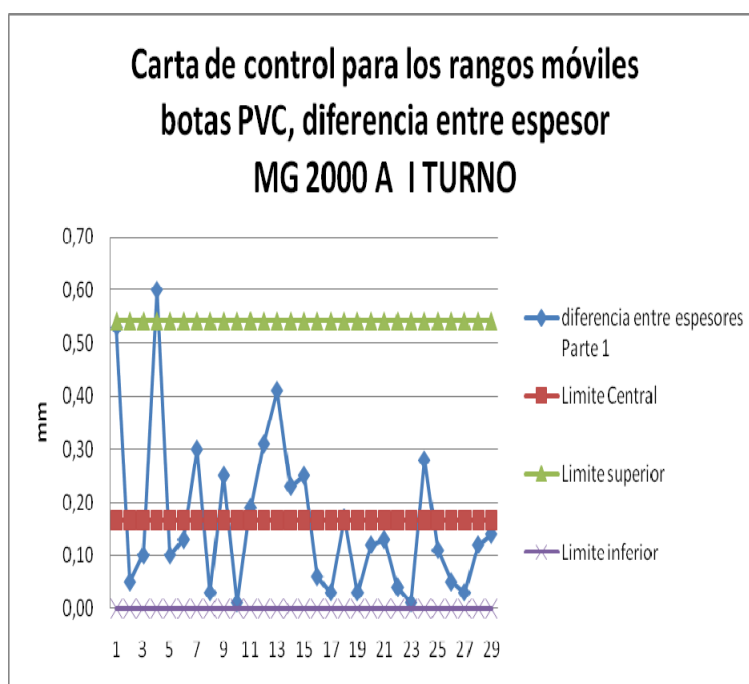


Figura 3.35: Carta de control de rangos móviles, I parte bota izquierda, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 A I turno.

Primer turno MG 2000 A, bota izquierda, segunda parte, Figura 3.36 se obtuvo como resultado en la carta de individuales:

Límite superior de 1.48 mm.

Límite central de 0.54 mm.

Se observa 1 punto fuera de los límites de control, de ahí que se puede decir que el proceso está fuera de control estadístico de calidad.

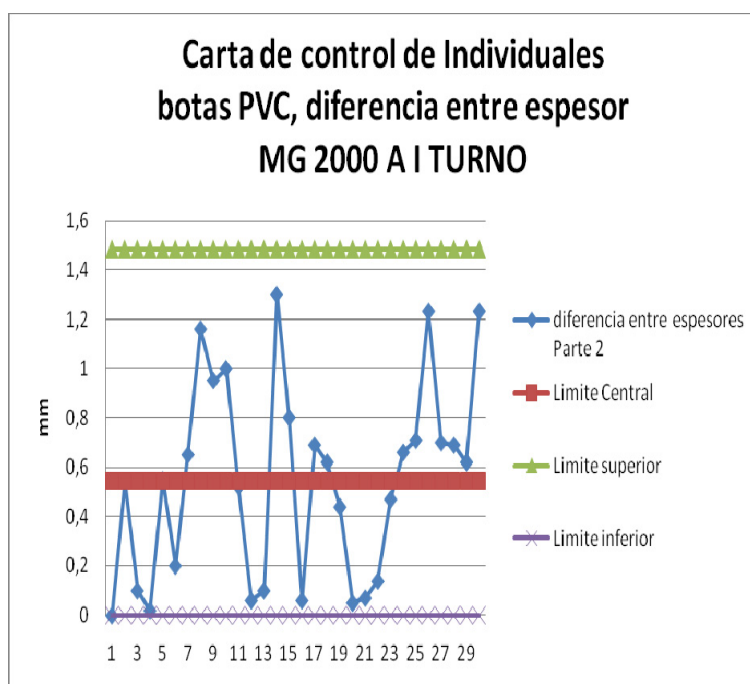


Figura 3.36 : Carta de control de Individuales, II parte bota izquierda, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 A I turno.

Primer turno MG 2000 A, bota izquierda, segunda parte, Figura 3.37 se obtuvo como resultado en la carta rangos móviles:

Límite superior de 1.16 mm.

Límite central de 0.35 mm.

Se observa 1 punto fuera de los límites de control, de ahí que se puede decir que el proceso está fuera de control estadístico de calidad.

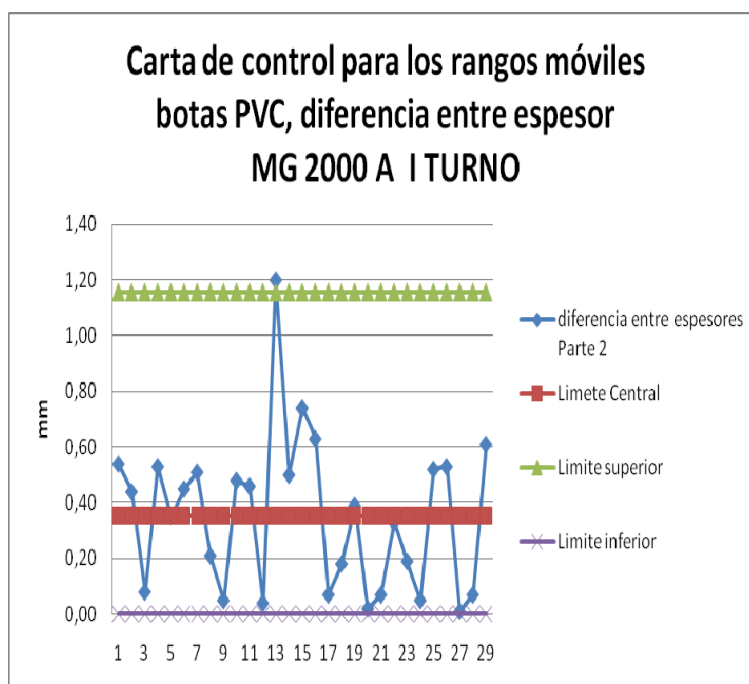


Figura 3.37: Carta de control de rangos móviles, II parte bota izquierda , diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 A I turno.

Segundo turno MG 2000 A, bota derecha, primera parte, Figura 3.38 se obtuvo como resultado en la carta de individuales:

Límite superior de 0.79 mm.

Límite central de 0.22 mm.

Se observa 1 punto fuera de los límites de control, de ahí que se puede decir que el proceso está fuera de control estadístico de calidad.

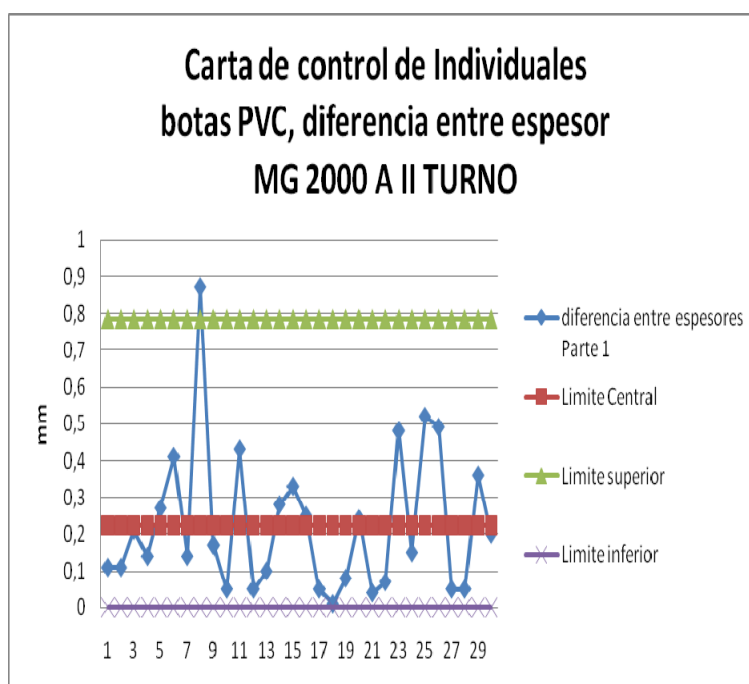


Figura 3.38 : Carta de control de Individuales, I parte bota derecha, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 A II turno.

Segundo turno MG 2000 A, bota derecha, primera parte, Figura 3.39 se obtuvo como resultado en la carta de rangos móviles:

Límite superior de 0.69 mm.

Límite central de 0.21 mm.

Se observa 2 puntos fuera de los límites de control, de ahí que se puede decir que el proceso está fuera de control estadístico de calidad.

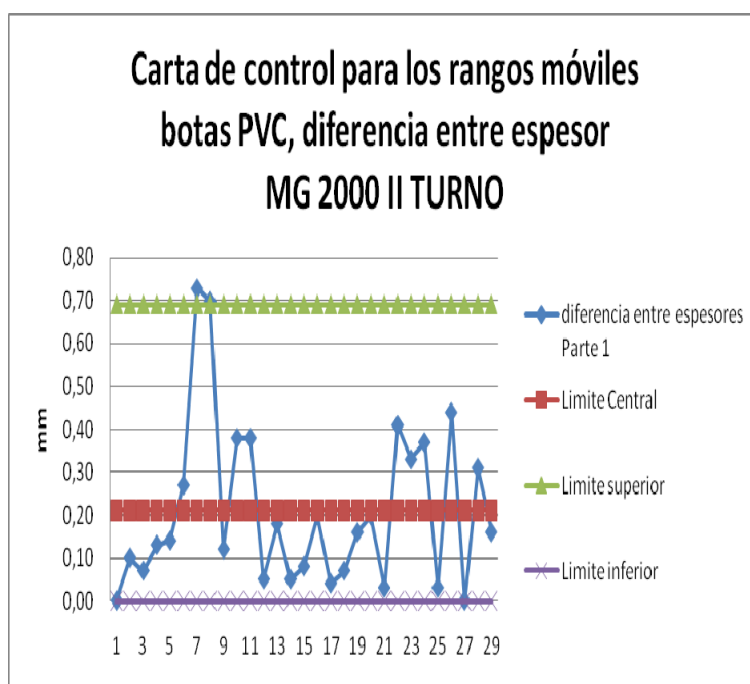


Figura 3.39: Carta de control de rangos móviles, I parte bota derecha, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 A II turno.

Segundo turno MG 2000 A, bota derecha, segunda parte, Figura 3.40 se obtuvo como resultado en la carta de individuales:

Límite superior de 2.09 mm.

Límite central de 0.56 mm.

Esta carta no presenta puntos fuera de los límites de control, por lo que el proceso se encuentra bajo control estadístico de calidad.

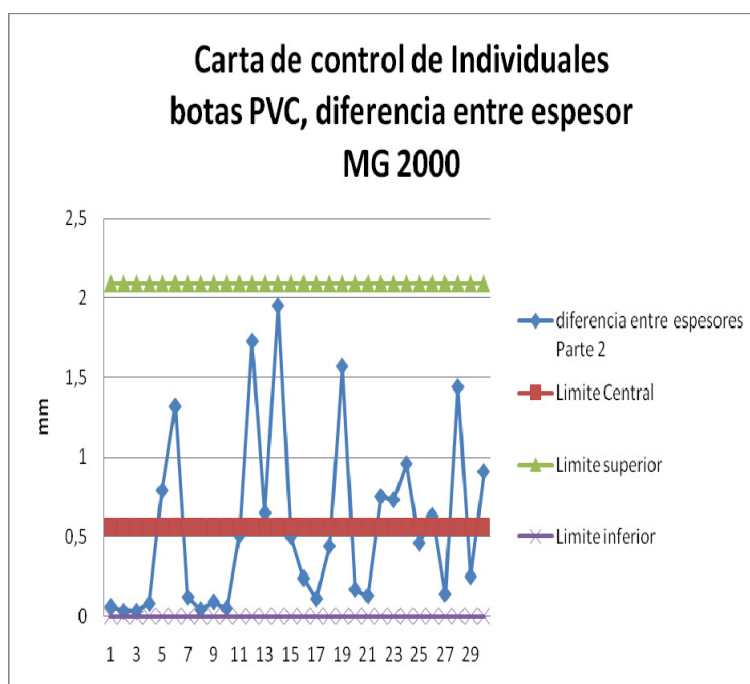


Figura 3.40 : Carta de control de Individuales, II parte bota derecha, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 A II turno.

Segundo turno MG 2000 A, bota derecha, segunda parte, Figura 3.41

se obtuvo como resultado en la carta de rangos móviles:

Límite superior de 1.88 mm

Límite central de 0.57 mm. .

Esta carta no presenta puntos fuera de los límites de control, por lo que el proceso se encuentra bajo control estadístico de calidad.

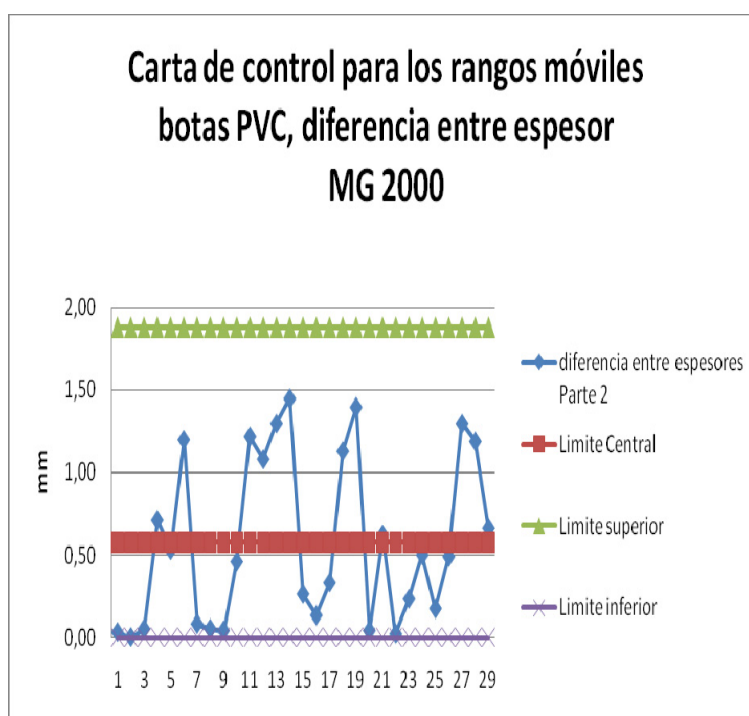


Figura 3.41: Carta de control de rangos móviles, II parte bota derecha, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 A II turno.

Segundo turno MG 2000, bota izquierda, primera parte, Figura 3.42 se obtuvo como resultado en la carta de individuales:

Límite superior de 0.99 mm.

Límite central de 0.27 mm.

Se observa 1 punto fuera de los límites de control, de ahí que se puede decir que el proceso está fuera de control estadístico de calidad.

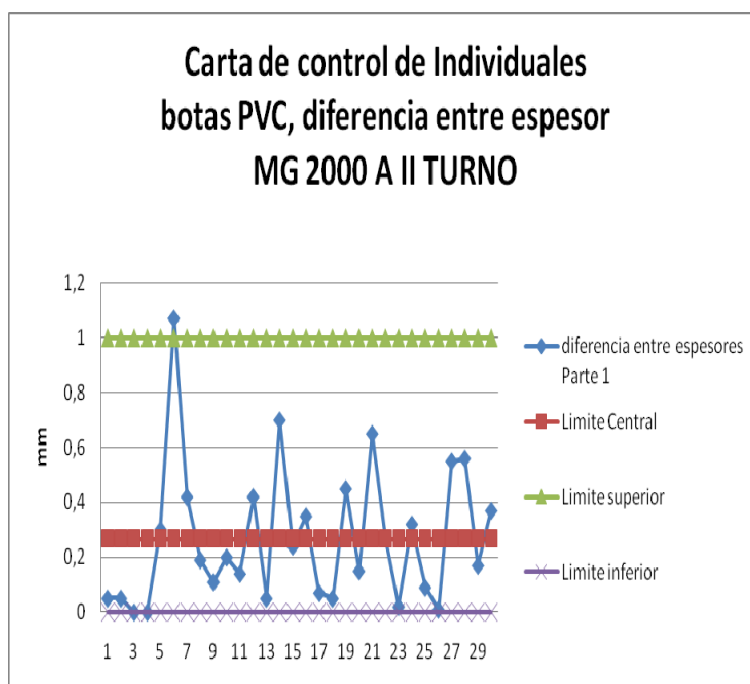


Figura 3.42 : Carta de control de Individuales, I parte bota izquierda, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 A II turno.

Segundo turno MG 2000, bota izquierda, primera parte, Figura 3.43 se obtuvo como resultado en la carta de rangos móviles:

Límite superior 0.90 mm.

Límite central de central de 0.28 mm.

Esta carta no presenta puntos fuera de los límites de control, por lo que el proceso se encuentra bajo control estadístico de calidad.

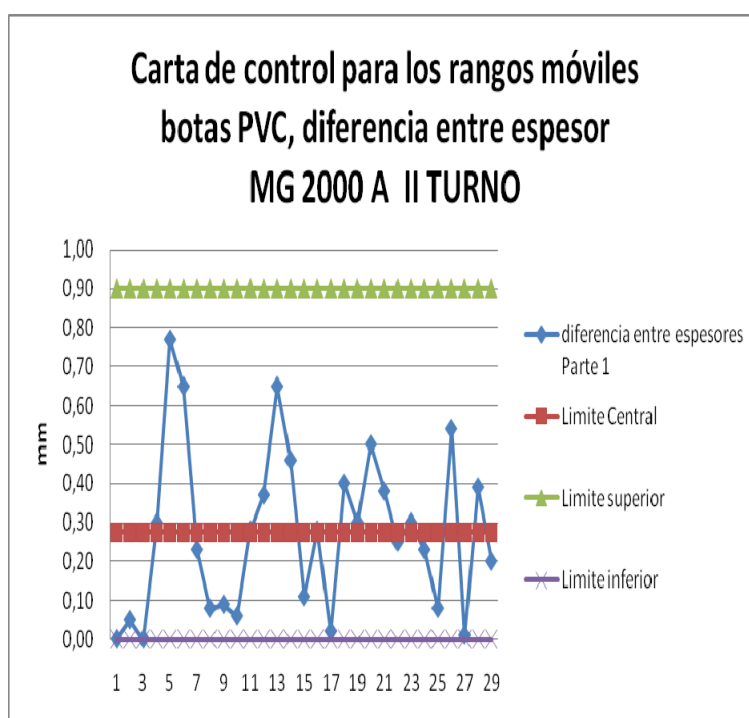


Figura 3.43: Carta de control de rangos móviles, I parte bota izquierda, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 A II turno.

Segundo turno MG 2000, bota izquierda, segunda parte, Figura 3.44 se obtuvo como resultado en la carta de individuales:

Límite superior de 2.55 mm.

Límite central de 0.79 mm.

Esta carta no presenta puntos fuera de los límites de control, por lo que el proceso se encuentra bajo control estadístico de calidad.

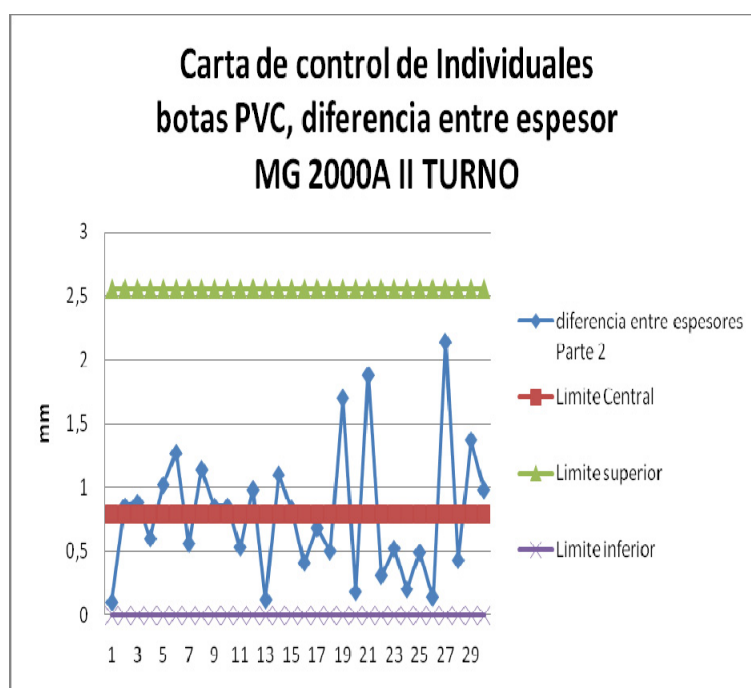


Figura 3.44 : Carta de control de Individuales, II parte bota izquierda, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 A II turno.

Segundo turno MG 2000, bota izquierda, segunda parte, Figura 3.45 se obtuvo como resultado en la carta de rangos móviles:

Límite superior de 2.17 mm.

Límite central de 0.66 mm.

Esta carta no presenta puntos fuera de los límites de control, por lo que el proceso se encuentra bajo control estadístico de calidad.

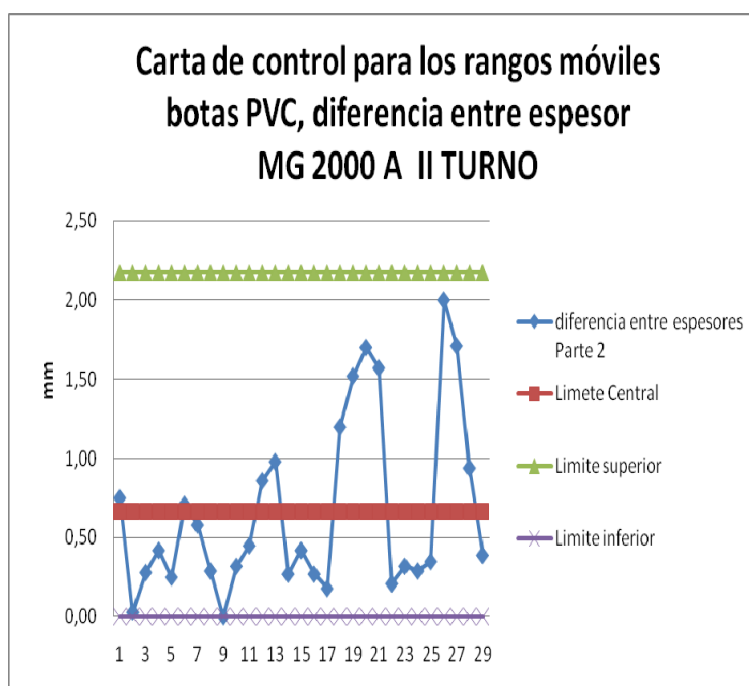


Figura 3.45: Carta de control de rangos móviles, II parte bota izquierda, diferencia entre espesor. Máquina MG 2000 A II turno.

La Tabla 3 y la Tabla 4 muestran un resumen de los resultados de las cartas de individuales y cartas de rangos móviles de las pruebas de diferencia entre espesores de la parte una y dos correspondiente a las botas derecha e izquierda.

Tabla 3

Resumen de cartas de control, Máquina MG 2000 A: Diferencia entre espesores (mm)

Turno	Par	Carta	Parte	USL	μ	LSL	σ	¿Está bajo control estadístico de calidad?
1	Derecho	(X)	1	0,59	0,17	-0,3		SI
		(R)	1	0,51	0,16	0	0,14	SI
		(X)	2	0,93	0,27	-0,4		SI
		(R)	2	0,81	0,25	0	0,22	SI
	Izquierdo	(X)	1	0,82	0,26	-0,3		NO
		(R)	1	0,69	0,21	0	0,19	NO
		(X)	2	1,82	0,55	-0,7		SI
		(R)	2	1,56	0,48	0	0,43	SI
2	Derecho	(X)	1	0,71	0,19	-0,3		NO
		(R)	1	0,64	0,20	0	0,18	NO
		(X)	2	1,23	0,32	-0,6		SI
		(R)	2	1,12	0,34	0	0,30	NO
	Izquierdo	(X)	1	0,87	0,25	-0,4		SI
		(R)	1	0,77	0,24	0	0,21	SI
		(X)	2	2,08	0,66	-0,8		SI
		(R)	2	1,74	0,53	0	0,47	NO

Tabla 4

Resumen de cartas de control, Máquina MG 2000: Diferencia entre espesores (mm)

Turno	Par	Carta	Parte	USL	μ	LSL	σ	¿Está bajo control estadístico de calidad?
1	Derecho	(X)	1	0,75	0,21	-0,32		NO
		(R)	1	0,66	0,20	0	0,18	NO
		(X)	2	2,31	0,65	-1		NO
		(R)	2	2,04	0,62	0	0,55	NO
	Izquierdo	(X)	1	0,69	0,25	-0,19		NO
		(R)	1	0,54	0,17	0	0,15	NO
		(X)	2	1,48	0,54	-0,39		SI
		(R)	2	1,16	0,35	0	0,31	NO
2	Derecho	(X)	1	0,79	0,22	-0,34		NO
		(R)	1	0,69	0,21	0	0,19	NO
		(X)	2	2,09	0,56	-0,97		SI
		(R)	2	1,88	0,57	0	0,51	SI
	Izquierdo	(X)	1	0,99	0,27	-0,46		NO
		(R)	1	0,90	0,28	0	0,25	SI
		(X)	2	2,55	0,79	-0,97		SI
		(R)	2	2,17	0,66	0	0,59	SI

3.5. Análisis de capacidad del proceso actual

Posterior a la situación actual del proceso el cual se desarrolló en la sección 3.2, se analizará la habilidad que tiene el proceso de fabricación de botas de PVC, para cumplir con las especificaciones dada por la empresa en estudio.

Para realizar el análisis de capacidad se considera el cálculo del índice de capacidad real potencial del proceso y el estado del proceso.

El Capítulo 2, el cual hace referencia al marco teórico, en la sección 2.1.3 muestra las fórmulas que han sido utilizadas para este análisis.

A continuación, se da un ejemplo de cómo se realizó el análisis de capacidad para cada una de las variables en estudio.

Para el caso del porcentaje de carbonato de calcio, las normas utilizadas por la empresa estipulan un máximo de 2% para la caña, mientras que para la suela un máximo de 4%.

Índice de capacidad superior potencial del proceso (C_{ps}).

$$C_{ps} = \frac{USL - \mu}{3\sigma} = \frac{2 - 1.76}{(3)(0.85)} = 0.09$$

Índice de capacidad inferior potencial del proceso (C_{pi}).

$$C_{pi} = \frac{\mu - USL}{3\sigma} = \frac{1.76 - 0}{(3)(0.85)} = 0.69$$

Índice de capacidad real potencial del proceso (C_{pk}).

$$C_{pk} = \min(C_{ps}, C_{pi}) = \min(0.09, 0.69) = 0.09$$

Categoría del proceso.

Se determina a través de la Tabla 1, mostrada en el Capítulo 2. Esta indica que se tiene una clase del proceso igual a 4, debido a un $C_{pk} = 0.09$, por lo que el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones del producto.

Índice de inestabilidad (St) y Estado del proceso.

$$St = \frac{\text{número de puntos especiales}}{\text{número total de puntos}} * 100 = \frac{1}{30} * 100 = 3.33$$

Con el índice de inestabilidad y el índice de capacidad real se determina el estado del proceso.

De acuerdo a la Tabla 2, se tiene un estado D, el cual indica que el proceso es inestable e incapaz.

Siguiendo con esta metodología de cálculo se realizará el análisis para cada una de las características de calidad de este caso de estudio.

a. Porcentaje de carbonato de calcio.

La Tabla 5, muestra un resumen del análisis de capacidad realizado a la variable porcentaje de carbonato de calcio.

Tabla 5

Análisis de capacidad: Porcentaje de carbonato de calcio.

Turno	Parte de la bota de PVC	Cpk	Clase o categoría del proceso	Estado del proceso
1	Suela	0,09	4	Inestable e incapaz
	Caña	-0,66	4	Estable pero incapaz
2	Suela	0,30	4	Inestable e incapaz
	Caña	-0,55	4	Estable pero incapaz

El resultado del análisis de capacidad, indica que tanto la Caña como la Suela presentan una categoría de proceso igual a cuatro, de ahí que su proceso es inestable e incapaz de cumplir con las especificaciones hechas por la empresa en estudio. Además presentan un $C_{pk} < 1$, debido a que este proceso no es adecuado para el trabajo, por lo que se requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.

b. Diferencia entre espesores.

La empresa en estudio no tiene especificaciones establecidas ni para el espesor de las botas de PVC ni para sus diferencias, por lo que no es posible realizar el análisis de capacidad del proceso.

Es por esta razón, que en el próximo capítulo se realizará el cálculo de los Límites Naturales. Dichos límites serán tomados como referencia para el análisis de capacidad.

Los Límites Naturales reflejan la variación del proceso bajo control estadístico y se consideran como referencia para las especificaciones.

3.6 Costos asociados al no cumplimiento de las especificaciones.

En esta sección se procederá a realizar los costos asociados debido al no cumplimiento de las especificaciones de calidad del porcentaje de carbonato de calcio.

Porcentaje de carbonato de calcio.

El Capítulo 2, el cual hace referencia al marco teórico, en la sección 2.1.3, muestra las fórmulas que han sido utilizadas para este análisis.

La Tabla 6, muestra los costos asociados debido al proceso de moler el scrap y a la fabricación del producto. También se presenta el promedio la producción semanal y el peso promedio por botas.

Tabla 6

Costos total asociados por producto defectuoso.

C1	Costo por moler Scrap por kilogramo	0,12	\$/kg
C2	Costo de fabricación por Kilogramo	2,00	\$/kg
$C = C1 + C2$	Costo total por producto defectuoso	2,12	\$/kg
P1	Producción de botas /semana	2.900,00	Unidades/semana
P2	Peso promedio por bota	1,73	Kg/unidad
$P = P1 + P2$	Total de Kg. producido por semana	5.017,00	Kg.

Con estos datos y con el análisis de capacidad se determinó el costo que se genera por la fabricación de botas que no cumplen con las especificaciones de calidad.

Los costos unitarios fueron proporcionados por los colaboradores de la empresa.

Los costos por moler el scrap y fabricación del producto, incluyen aquellos costos directos e indirectos generados por el proceso.

El rubro del costo por moler scrap incluye los costos de reproceso de las botas defectuosas. Cabe mencionar que al reprocesar las botas defectuosas, la empresa pierde todo lo invertido en la fabricación del

producto, es por esta razón que los costos asociados a las no conformidades se estiman como el costo de reproceso (scrap) más el costo de fabricación.

La producción de botas semanal y peso promedio por botas también son datos proporcionados por la empresa de acuerdo a la estadística de los datos que se llevaron al momento de realizar este estudio.

A continuación se da un ejemplo de cómo se determinó el costo esperado por el no cumplimiento de la especificación en el caso del porcentaje de carbonato de calcio.

$$Z_o = (x - \mu) / \sigma, Z_o = (2 - 1.76) / 0.85, Z_o = 0.28$$

$$P(Z > Z_o), P(Z > 0.28) = 0.39, \text{ (Por Tabla, ver Anexo 19)}$$

$$\text{Costo asociado a la no conformidad: } [E] = P(Z > Z_o) * (P) * (C)$$

$$\text{De donde; } [E] = (0.39)(5017)(2.12),$$

$$\text{Entonces, } [E] = 4,137.12 \text{ \$/semana}$$

La Tabla 7 muestra los costos asociados al no cumplimiento de las especificaciones del porcentaje de carbonato de calcio, para la suela y la caña, del primero y segundo turno.

Tabla 7

Costos asociados a las No Conformidades

Descripción	Parte de la bota de PVC	Especificación	Probabilidad de que el % de $C_a C_0 3$ contenido en las botas no cumpla con la especificación	Costos asociados a las NO conformidades		
				\$/semana	\$/mes	\$/año
Turno 1	Suela	$C_a C_0^3 \leq 2\%$	0,39	4.137	16.548	198.582
	Caña	$C_a C_0^3 \leq 4\%$	0,98	10.374	41.498	497.974
Turno 2	Suela	$C_a C_0^3 \leq 2\%$	0,18	1.959	7.836	94.030
	Caña	$C_a C_0^3 \leq 4\%$	0,95	10.123	40.492	485.910

La Tabla 7, muestra que la proporción de caña que no cumple con la especificación es mayor al 90%, lo cual evidencia un problema en la formulación del producto o en el establecimiento de la especificación, debido a que la especificación es demasiado exigente para la formulación existente.

a. Diferencia entre espesores.

Debido a que la empresa en estudio no cuenta con las especificaciones de calidad, no fue posible realizar el análisis de los costos asociados a las no conformidades.

CAPÍTULO 4

4. PROPUESTA DE MEJORAS

4.1. Análisis de causas.

a. Porcentaje de carbonato de calcio.

Con el fin de determinar las causas que han originado los puntos fuera de control de las cartas de individuales y rango móvil realizadas para la caña y suela de los dos turnos de los dos centros de trabajo se procedió a realizar un Diagrama Ishikawa para poder encontrar la causa raíz que genera este problema, este diagrama se lo realizó previo a la observación del proceso de fabricación de botas de PVC, como también con reuniones hechas con los supervisores y operarios de los departamentos de pesado de materia prima, inyección y laboratorio.

El diagrama Ishikawa Figura 4.1, muestra que el problema de alto índice de carbonato de calcio en la formulación para botas de PVC, es generado por cuatro causas potenciales que son: Mano de obra, Mediciones, Balanzas y El Método.

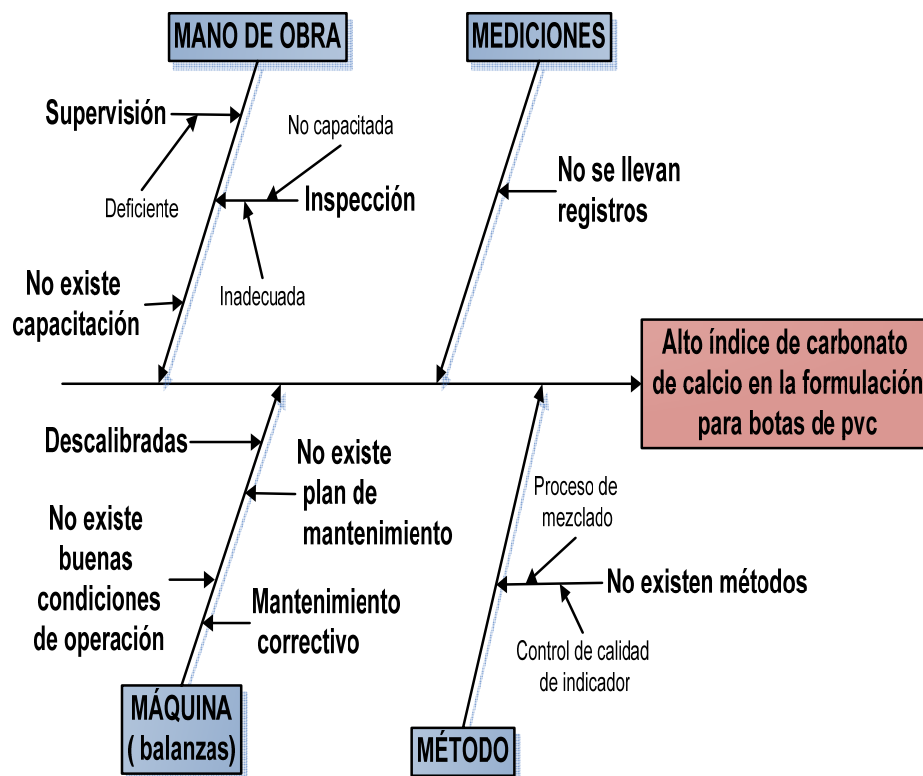


Figura 4.1: Diagrama de Ishikawa, para el problema de alto índice de carbonato de calcio

Como se muestra en la Figura 4, el problema de mano obra se da porque no existe una adecuada supervisión por parte de la persona encargada. Este colaborador no está realizando controles de cómo el personal de planta lleva el proceso de mezclado de este componente, como tampoco de las condiciones de las máquinas como por ejemplo: la calibración de la balanza y del personal que labora ahí. También, se pudo constatar que los operarios no cuentan con programas de capacitación para el desarrollo de sus habilidades laborales.

Al momento de observar el proceso de pesado se observó que el personal de esta área se encuentra pesando la materia prima con las balanzas descalibradas, como por ejemplo una de estas balanzas en vez de marcar en cero, la aguja se encuentra marcando un peso de 250 gramos.

Para el problema de descalibración de balanzas mostrado en la Figura 4.1, la empresa en estudio no ha tomado acciones correctivas peor aún no ha desarrollado un programa de mantenimiento preventivo para poder prevenir este problema que influye en la calidad del proceso de fabricación de las botas.

La ubicación de las balanzas es la razón para que estén descalibradas. Dichas balanzas se encuentran ubicadas en una zona donde existe mucha vibración, por lo que se debería reubicarlas o encontrar una forma para que no estén expuestas mucho movimiento, cabe recalcar que dentro de los objetivos de esta tesis no se encuentra el análisis y aplicación de la metodología de Repetibilidad y Reproducibilidad (Estudio R&R), para determinar la calidad de las mediciones que se obtienen de las balanzas.

Con respecto al problema método mostrado en la Figura 4.1 se genera porque el proceso en sí de realizar el mezclado de componentes no existe un formato donde se explique la correcta metodología del

procedimiento para pesado de materia prima, otro problema que se presenta es que los datos que se obtienen al realizar las pruebas de carbonato de calcio no se procesan (Figura 4.1 problema medición), por lo que no se puede observar y analizar la variabilidad y el comportamiento del proceso a través del tiempo.

De acuerdo a la información obtenida por las cartas de control estadístico de calidad y diagrama de Ishikawa, se procedió a realizar una encuesta al personal encargado de esta línea para determinar mediante un diagrama de Pareto, cuál de estos problemas son los que generan la mayor causa de alto índice de carbonato de calcio, para poder así determinar las posteriores mejoras.

El diagrama de Pareto (también llamado curva 80-20) que se utilizará tendrá la distribución $A = 80\%$, $B=15\%$, $C=5\%$, este mostrará el grado de importancia o peso que tienen los diferentes factores que afectan a la variable porcentaje de carbonato de calcio.

La encuesta fue desarrollada dentro del tipo de preguntas comparativas de suma constante y consta de 11 preguntas. A cada pregunta se le asignará un valor numérico de acuerdo a la preferencia del encuestado, al final el total de la suma debe de dar el valor de 11 puntos.

El Anexo 20 muestra el formato de la encuesta realizada al personal de la empresa en estudio (Operadores, Supervisor de Área, Jefe de Laboratorio, Mecánicos). Esta encuesta fue de carácter anónima y desarrollada por los trabajadores del área de pesado de materia prima, el Anexo 21 muestra los resultados de estas encuestas.

La Tabla 8 muestra la tabulación de la encuesta realizada, la cual indica que el 76% de las causas por el alto índice de carbonato de calcio se debe a:

Tabla 8

Resultado de la encuesta: Problema de alto índice de carbonato
de calcio

Pregunta	Contenido	Frecuencia Acumulada
4	No existen programas de capacitación, con el fin de que el personal de planta mejore sus habilidades laborales con respecto a su área de trabajo.	24%
11	No se ha realizado un estudio que permita identificar el porqué de este problema.	38%
7	No se realizan programas para realizar mantenimiento a las balanzas.	51%
2	Los supervisores del área no llevan un control sobre las condiciones de funcionamiento de las balanzas.	62%
5	El área de trabajo, no se encuentran en buenas condiciones para realizar el trabajo.	69%
6	Las balanzas no están calibradas.	76%
10	No existe un procedimiento que indique el correcto proceso para elaborar el componente para la elaboración de las botas.,	84%
1	No se está llevando una correcta inspección a los operarios sobre la forma con que se debe pesar las materias primas.	89%
8	La ubicación de las balanzas no es la correcta	95%
3	El personal de la planta no está capacitado sobre el correcto procedimiento de cómo pesar las materia primas	98%
9	No se llevan registros diarios, para analizar cómo este índice de calidad se comporta durante un periodo de tiempo.	100%

b. Diferencia entre espesores.

Terminado el desarrollo de las gráficas de control y de la misma manera como se procedió con el indicador de calidad: Carbonato de calcio, se procederá a determinar las causas que han originado los puntos fuera de control en las cartas, mediante el diagrama de Ishikawa para poder encontrar la causa raíz que genera este problema.

El diagrama de Ishikawa Figura 4.2, muestra que el problema con los espesores de las botas de PVC, se debe a tres principales causas que son: Mano de Obra, Método y Moldes.

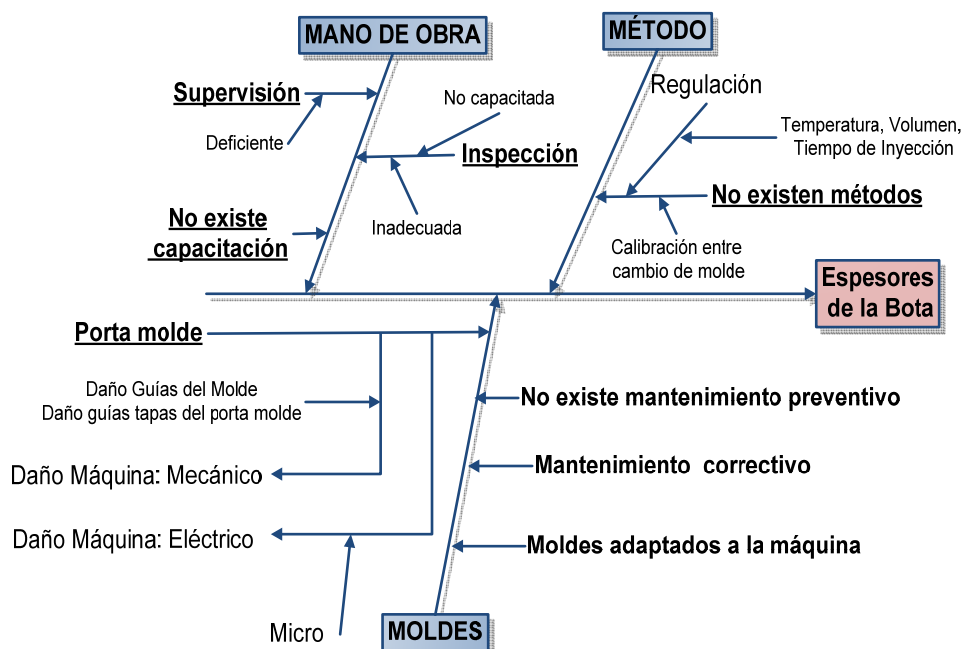


Figura 4.2: Diagrama de Ishikawa, Espesores de la bota de PVC.

Existe una inadecuada inspección de los espesores por parte de los trabajadores. Actualmente los operarios solamente se limitan a hacer una revisión visual para comprobar si tiene una apariencia lisa en la caña y un homogéneo espesor en las botas y también una revisión con el tacto es decir; tocar con las manos ambos espesores y sentir si ambos lados de la botas son homogéneos. Al momento los operarios no hacen una comparación del parámetro de los espesores versus su especificación.

En la causa molde (como se muestra en la Figura 4.2) se encuentran tres problemas los cuales generan productos defectuosos. Estos problemas son: Daño en el porta molde, Daño máquina: mecánico y Daño máquina: eléctrico. La solución de estos daños se dan por medio de mantenimientos correctivos y no existen programas para prevenir las paras de producción causadas por estos daños.

El daño con la porta molde se refiere a daños con las guías del molde y daños con las tapas del porte molde, lo cual genera que no se pueda tapar correctamente el molde de la bota y que no se pueda centrar el molde de la suela.

Se consideran daño máquina-eléctrico, a problemas generados con el micro. Este es un indicador del llenado de la materia prima de la bota y cuando este falla se producen piezas faltadas.

El termino pieza faltada se refiere a la pieza cuando no ha sido completada totalmente en el momento de la inyección, es decir; le falta un trozo [26].

De la misma manera se realizó un cuestionario con el objetivo de determinar cuáles de estas causas son las principales de este problema, a través de un diagrama de Pareto.

El personal del área de inyección que participó en el desarrollo de este cuestionario fueron: Operadores, Supervisor de Área, Jefe de Laboratorio, Mecánicos.

Utilizando el mismo método de análisis de la variable porcentaje de carbonato de calcio, se procederá a analizar las encuestas realizadas al área de inyección a través de la metodología del diagrama de Pareto con la distribución $A = 80\%$, $B=15\%$, $C=5\%$, se identificará el grado de importancia o peso que tienen los diferentes factores que afectan a la variable espesores de la bota de PVC.

El Anexo 22 muestra el formato de la encuesta realizada al personal de la empresa en estudio (Operadores, Supervisor de Área, Jefe de Laboratorio, Mecánicos). Esta encuesta fue de carácter anónima y fue desarrollada por los trabajadores del área de Inyección de Botas de PVC y el Anexo 23 muestra los resultados de estas encuestas.

La Tabla 9, muestra la tabulación de la encuesta, la cual indica que el 75% de las causas por la diferencia de espesores de las botas se debe a:

Tabla 9

Resultado de la encuesta: Problema diferencia entre espesores en las botas de PVC.

Pregunta	Contenido	Frecuencia Acumulada
14	Se desconoce cuáles deben de ser los espesores que deben tener las botas.	19%
15	No se ha realizado un estudio que permita identificar el porqué de este problema.	31%
4	No existen programas de capacitación, con el fin de que el personal de planta mejore sus habilidades laborales con respecto a su área de trabajo.	41%
6	Existen daños máquina mecánicos (MOLDES).	50%
13	No se realizan pruebas de calidad para controlar los espesores de las botas.	59%
7	Existen daño mecánico-eléctrico	66%
11	No existe método para regular la correcta temperatura, volumen de materia prima y tiempo de inyección que deberán tener las máquinas.	72%
9	No se realiza mantenimiento a los moldes.	78%
10	Los moldes no corresponden a la máquina.	83%
2	Los supervisores no llevan un control sobre las condiciones de funcionamiento de las máquinas.	87%

5	El área de trabajo, no se encuentra en buenas condiciones para realizar el trabajo.	90%
8	No se realizan mantenimientos a las máquinas.	94%
1	No se lleva una correcta inspección a los operarios sobre la forma de trabajo.	96%
3	El personal de planta no está capacitado sobre el correcto procedimiento para trabajar con las inyectoras.	98%
12	No existe un correcto procedimiento que indique el correcto proceso para fabricar las botas.	100%

4.2. Aplicación del control estadístico de procesos al caso de estudio.

Luego de identificar las causas especiales de variación, se procederá a eliminar los puntos que están fuera de control estadístico de calidad de las cartas de individuales y rango móvil, con la suposición de que se han eliminado las causas raíz del problema.

Cabe recalcar que para el desarrollo de esta tesis se supondrá que se han eliminado los puntos que se encuentran fuera de control estadístico. Se aplicó esta metodología de trabajo, debido a que la investigadora no tuvo acceso a la implementación de soluciones para eliminar las causas asignables.

El proceso bajo control estadístico de calidad, permitirá tener un proceso predecible y afectado exclusivamente por causas comunes

de variación. Con el fin de realizar un análisis de capacidad del proceso y determinar el impacto de las mejoras a obtener.

a. Porcentaje de carbonato de calcio.

De las gráficas del capítulo 3, se eliminaron los puntos que estaban fuera de los límites de control, obteniendo de esta manera un proceso bajo control

La Tabla 10 muestra los límites de control superior, central e inferior y también varianza del proceso, luego de haberse puesto el proceso bajo control estadístico de calidad.

Tabla 10

Resumen de las cartas de control de la prueba: Porcentaje de carbonato de calcio.

Turno	Carta	Parte de la bota de PVC	LCS	μ	LCI	σ	Esta bajo control estadístico de calidad
1	(X)	Suela	2,87	1,61	0		SI
	(R)	Suela	1,57	0,48	0	0,42	SI
	(X)	Caña	10,55	6,39	0		SI
	(R)	Caña	4,48	1,37	0	1,22	SI
2	(X)	Suela	2,24	1,17	0		SI
	(R)	Suela	1,94	0,59	0	0,53	SI
	(X)	Caña	10,29	6,24	0		SI
	(R)	Caña	4,98	1,52	0	1,35	SI

b. Diferencia entre espesores.

Uno de los problemas que presenta esta variable de estudio, es que la empresa no cuenta con las especificaciones del diseño de este producto.

Por lo que se determinó los límites reales o naturales del proceso mediante las gráficas de individuales y rangos móviles, las cuales previamente ya han sido puestas bajo control estadístico de calidad.

En la sección 4.3, se indicará finalmente los límites especificación de la parte 1 y 2 de las botas de PVC, luego de escoger el mejor de los casos por turno y par en base a su variabilidad.

La Tabla 11 y la Tabla 12 muestran los resultados que se obtuvieron para los límites naturales de la variable diferencia entre espesores, para las máquinas MG 2000 y MG 2000 A, del primero y segundo turno.

Tabla 11

Resumen de cartas de control, Máquina MG 2000: Diferencia entre espesores (mm).

Resumen de cartas de control de la prueba: Diferencia entre espesores Máquina MG 2000							
Turno	Par	Carta	Parte	UCL	μ	σ	Esta bajo control estadístico de calidad
1	Derecho	(X)	1	0,59	0,17		SI
		(R)	1	0,51	0,16	0,14	SI
		(X)	2	0,93	0,27		SI
		(R)	2	0,81	0,25	0,22	SI
	Izquierdo	(X)	1	0,60	0,22		SI
		(R)	1	0,46	0,14	0,12	SI
		(X)	2	1,82	0,55		SI
		(R)	2	1,56	0,48	0,43	SI
2	Derecho	(X)	1	0,45	0,16		SI
		(R)	1	0,36	0,11	0,10	SI
		(X)	2	1,07	0,28		SI
		(R)	2	0,97	0,30	0,27	SI
	Izquierdo	(X)	1	0,87	0,25		SI
		(R)	1	0,77	0,24	0,21	SI
		(X)	2	1,78	0,62		SI
		(R)	2	1,43	0,44	0,39	SI

Tabla 12

Resumen de cartas de control, Máquina MG 2000 A: Diferencia entre espesores (mm).

Resumen de cartas de control de la prueba: Diferencia entre espesores							
Máquina MG 2000 A							
Turno	Par	Carta	Parte	UCL	μ	σ	Esta bajo control estadístico de calidad
1	Derecho	(X)	1	0,33	0,15		SI
		(R)	1	0,22	0,07	0,06	SI
		(X)	2	1,62	0,52		SI
		(R)	2	1,35	0,41	0,36	SI
	Izquierdo	(X)	1	0,56	0,20		SI
		(R)	1	0,44	0,14	0,12	SI
		(X)	2	1,33	0,52		SI
		(R)	2	1,10	0,31	0,27	SI
2	Derecho	(X)	1	0,65	0,20		SI
		(R)	1	0,55	0,17	0,15	SI
		(X)	2	2,09	0,56		SI
		(R)	2	1,88	0,57	0,51	SI
	Izquierdo	(X)	1	0,86	0,24		SI
		(R)	1	0,77	0,23	0,20	SI
		(X)	2	2,55	0,79		SI
		(R)	2	2,17	0,66	0,59	SI

Con la suposición del proceso bajo control estadístico de calidad se determinó también los límites naturales de los espesores de la bota de PVC, las Tablas 13 y 14 muestran los límites naturales de los espesores de las botas de PVC para la parte 1 y 2 de la bota (ver Figura 3.5) por máquina y por turno. Los límites naturales de los espesores se han considerado como las especificaciones de la característica de calidad.

Tabla 13

Límites naturales de la variable espesor de la bota de PVC, Máquina
MG 2000 A (mm).

Límites naturales de tolerancia de la variable espesor de la bota de PVC						
Máquina MG 2000 A						
			LCS	LC	LCI	Varianza
I turno	I Parte	Bota derecha	2,47	2,02	1,56	0,15
	I Parte	Bota izquierda	2,75	2,09	2,09	0,22
	II Parte	Bota derecha	4,14	3,18	2,2	0,32
	II Parte	Bota izquierda	4,41	3,21	2	0,4
			LCS	LC	LCI	Varianza
II turno	I Parte	Bota derecha	2,86	2,14	1,41	0,24
	I Parte	Bota izquierda	3,16	2,22	1,27	0,31
	II Parte	Bota derecha	4,31	3,15	1,98	0,39
	II Parte	Bota izquierda	4,62	3,21	1,8	0,47

Tabla 14

Límites naturales de la variable espesor de la bota de PVC, Máquina
MG 2000 (mm).

Límites naturales de tolerancia de la variable espesor de la bota de PVC						
Máquina MG 2000						
			LCS	LC	LCI	Varianza
I turno	I Parte	Bota derecha	2,66	1,98	1,29	0,23
	I Parte	Bota izquierda	2,65	1,98	1,31	0,22
	II Parte	Bota derecha	3,9	3,15	2,4	0,25
	II Parte	Bota izquierda	4,23	3,12	2,01	0,37
			LCS	LC	LCI	Varianza
II turno	I Parte	Bota derecha	2,75	2,17	1,59	0,19
	I Parte	Bota izquierda	2,95	2,17	1,37	0,26
	II Parte	Bota derecha	3,89	3,16	2,42	0,25
	II Parte	Bota izquierda	4,37	3,09	1,81	0,43

4.3. Propuesta de mejoras.

De acuerdo al análisis de causas las propuestas de mejoras son las siguientes:

1) Desarrollo de procedimientos para el proceso de elaboración de materia prima e inyección de las botas de PVC.

En el cual se detalla el método de trabajo de las actividades que corresponden a la preparación y mantenimiento de las maquinarias correspondientes al área de Pesado de materia prima e Inyección.

Se debe tomar en consideración que cuando se redacten los procedimientos estos deberán utilizar los siguientes capítulos [27].

1. Objetivo.
2. Política.
3. Alcance.
4. Responsabilidades.
5. Referencias.
6. Descripción del procedimiento.
7. Indicadores de gestión.
8. Registros.
9. Control de cambios.

A continuación se presentan diferentes indicadores de gestión con el propósito de ayudar a medir la gestión del proceso de pesado de materia prima e inyección. Estos indicadores se calcularán por periodo de tiempo o por secuencia de producción.

- Total de paras no programadas = (número de veces que se ha tenido que parar la máquina (balanzas o máquina de inyección por reparación.)
- Porcentaje de botas defectuosas por secuencia de producción= (número de botas defectuosas/total de botas producidas).
- Índice del C_{pk} del proceso.
- Indicador de mantenimiento-producción = Costo del mantenimiento/ Costo de producción.

Para un mejor reflejo de la realidad del área, estos procedimientos deberán estar bajo la responsabilidad del Jefe de producción. El cual deberá velar por el cumplimiento de los mismos y de controlar por medio de los indicadores de gestión el desenvolvimiento del proceso para, sí es el caso, tomar acciones correctivas para mejorar los procesos.

2) Llevar acabo capacitaciones las cuales tendrán como objetivo la formación adecuada del trabajador, para el cumplimiento de sus labores.

Con esto también se pretende que todo el personal involucrado en el proceso de Botas de PVC tome conciencia de las consecuencias reales o potenciales de sus actividades en el trabajo y los beneficios que se obtendrán con el mejoramiento del desempeño laboral.

La alta gerencia deberá ser responsable de realizar las capacitaciones periódicas al Jefe de Producción, Jefe de Mantenimiento y Supervisores, mientras que el Departamento de Recursos Humanos deberá velar para que las capacitaciones tanto a los Jefes como operarios se lleven acabo de acuerdo a lo establecido en el programa de capacitación.

La Tabla 15, Tabla 16 y Tabla 17 muestran programas de capacitaciones propuestas para los trabajadores del área de Pesado de materia prima y de Inyección.

Tabla 15

Capacitaciones para el Jefe/ Supervisor de producción.

TEMAS:	Control estadístico de calidad. Herramientas y Estadísticas básicas para el control de calidad.
INSTRUCTORES:	Capacitadores externos.
AL CULMINAR LAS CHARLAS LOS PARTICIPANTES ESTARÁN CAPACITADOS PARA:	Tomar muestras para el análisis estadístico de calidad. Monitorear el proceso a través del tiempo en base a las cartas de control (Cartas de individuales y rango móvil) Evaluar el estado del proceso en base al resultado de las estadísticas del proceso (media, varianza, Índice de capacidad real) Identificar causas asignables y comunes de variación a través de herramientas de calidad. Capacitar a los operarios para que entiendan la importancia del control estadístico del proceso.
PARTICIPANTES:	Jefe/ Supervisor de producción.

Tabla 16

Capacitaciones para el Jefe de Mantenimiento.

TEMAS:	Introducción sobre el mantenimiento preventivo total. Herramientas y descripción de mantenimientos básicos para realizar el mantenimiento preventivo.
INSTRUCTORES:	Capacitadores externos.
AL CULMINAR LAS CHARLAS LOS PARTICIPANTES ESTARÁN CAPACITADOS PARA:	Identificar los tipos de mantenimientos para prevenir fallas en las maquinarias (balanza e Inyección) Conocer el estado de operatividad de las maquinarias. Llevar la ejecución del mantenimiento preventivo por tipo de maquinaria (balanza e Inyección). Capacitar a los operarios para que entiendan la importancia del mantenimiento preventivo
PARTICIPANTES:	Jefe de mantenimiento.

Tabla 17

Capacitaciones para los operarios del Área de Inyección y Pesado de materia prima.

TEMAS:	Importancia del control de calidad. Herramientas claves para la realización del control de calidad. Importancia del mantenimiento preventivo. Mantenimientos claves para la prevención de fallas en las maquinarias (Inyección y Balanzas)
INSTRUCTORES:	Jefe de Planta/ Supervisor de planta/ Jefe de Mantenimiento.
AL CULMINAR LAS CHARLAS LOS PARTICIPANTES ESTARÁN CAPACITADOS PARA:	Realizar un control de calidad en base a los indicadores de gestión establecidos. Conocer las frecuencias de muestreo para inspección de calidad. Identificar causas potenciales de productos defectuosos. Dar soporte en las decisiones para el mejoramiento de calidad en la producción. Realizar mantenimientos a las maquinarias para prevenir paradas por fallas. Identificar que tipos de mantenimientos preventivos se deben de realizar a las maquinarias (Inyección y Balanzas). Conocer el estado de funcionamiento de las maquinarias (Inyección y Balanzas).
PARTICIPANTES:	Operadores del área de Pesado de materia prima y del Área de Inyección
DURACIÓN DE LA CAPACITACIÓN:	1 hora por semana.

3) Estudio R&R (Repetibilidad y reproducibilidad).

En metrología las aplicaciones de los estudios de repetibilidad y reproducibilidad encuentran aplicación en los procesos de evaluación, validación y análisis de las mediciones.

De acuerdo con el VIM (Vocabulario Internacional de Metrología) la REPETIBILIDAD de resultados de mediciones es: “La proximidad de concordancia entre los resultados de mediciones sucesivas del mismo mensurando bajo las mismas condiciones de medición. Donde: (1) Estas condiciones son llamadas condiciones de repetibilidad. (2) Las condiciones de repetibilidad incluyen: el mismo procedimiento de medición, el mismo observador, el mismo instrumento de medición, utilizado bajo las mismas condiciones, el mismo lugar, repetición en un periodo corto de tiempo. (3) La repetibilidad puede ser expresada cuantitativamente en términos de la dispersión característica de los resultados”.

De acuerdo con el VIM (Vocabulario Internacional de Metrología) la REPRODUCIBILIDAD de resultados de mediciones es: “La proximidad de concordancia entre los resultados de mediciones sucesivas del mismo mensurando bajo condiciones de medición que cambian. Donde: (1) Una declaración válida de reproducibilidad requiere que se especifique la condición que cambia. (2) Las condiciones que cambian pueden incluir: principio de medición,

método de medición, observador, instrumento de medición, patrón de referencia, lugar, condiciones de uso, tiempo. (3) La reproducibilidad puede ser expresada cuantitativamente en términos de la dispersión característica de los resultados. (4) Se entiende que los resultados usualmente son resultados corregidos”.

La aplicación del estudio de R&R, en la empresa en estudio, tendrá el objetivo de:

- Validar los métodos de calibración de los instrumentos de medición.
- Evaluar la incertidumbre de medición.
- Conocer la variabilidad de mediciones e instrumentos y así evaluar las causas que originan dicha variación.
- Evaluar la estabilidad de instrumentos.

El Anexo 24 y Anexo 25 muestran formatos para el desarrollo del estudio R&R, los cuales han sido diseñados específicamente para la empresa en estudio.

4) Monitorear las características de calidad.

A través del diseño de las cartas de control se podrá analizar con datos estadísticos la variabilidad y el comportamiento del proceso a través del tiempo.

Mientras que con el análisis de capacidad se evaluará la capacidad del proceso para cumplir con las especificaciones y si que este es estable a través del tiempo.

La Figura 4.3, muestra un formato el cual ha sido diseñado específicamente para que el personal de esta empresa recopile los datos y proceda con el control estadístico de calidad.

INFORMACIÓN PARA LAS CARTAS DE INDIVIDUALES Y RANGO MÓVIL												FORMATO BÁSICO		
Característica de calidad								Número de lote						
Operador								Máquina						
Unidad de medida														
Carta de Individuales		Media $\mu_x = \bar{X}$ Varianza $\sigma_x = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{\bar{R}}{1.128}$ LCS y LCI $\bar{X} \pm 3\left(\frac{\bar{R}}{1.128}\right)$												
Carta de Rango móvil		Limite de control inferior = LCI = 0												
		Línea central = $\bar{R}$												
		Limite de control superior = LCS = $3.267 \times \bar{R}$												
Fecha														
Hora														
		Muestra												
OBSERVACIONES- MUESTRAS	1	1	2	3	4	5	6	7	8	...	n			
	2													
	3													
	...													
	n													
Suma														
Promedio														
Rango														
Carta de Individuales														LCS
														LC
														LCI
Carta de rango móvil														LCS
														LC
														LCI
ANÁLISIS DE CAPACIDAD		Índice de capacidad potencial del proceso $C_p = \frac{LSE - LIE}{6\hat{\sigma}}$						Índice de capacidad inferior $C_{ps} = \frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma}$						
		Índice de capacidad inferior $C_{pi} = \frac{\bar{X} - LIE}{3\sigma}$						Índice de capacidad real $C_{pk} = \min(C_{ps}, C_{pi})$						
		Índice de capacidad $C_p =$ $C_{pi} =$ $C_{ps} =$ $C_{pk} =$												
OBSERVACIONES														

Figura 4.3: Información para las Cartas: Individual y Rango Móvil

Los responsables de esta actividad serán: Jefe de planta y Supervisor, los cuales deberán trabajar conjuntamente en el análisis de las Tablas.

Estas Tablas serán publicadas en la planta para que así los operarios del área de Pesado de materia prima, Inyección, Supervisores de planta y Gerencia puedan conocer el comportamiento del proceso, y poder si es el caso dar sugerencias para prevenir posibles puntos fuera de control que se presenten.

5) Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para las balanzas, máquina de inyección y moldes.

Con lo cual se pretende que las balanzas y los moldes de la máquina de inyección estén calibrados y además que la máquina de inyección disminuya sus paras por manteniendo correctivo.

Esta actividad será puesta en marcha con todos los operarios de las áreas de pesado de materia prima e inyección, donde el jefe de mantenimiento y supervisores de planta serán los que lideren el plan de mantenimiento.

En base a la metodología de TPM se dan a continuación las fichas: Formato para grupo de trabajo (ver Anexo 26), Análisis de las condiciones del equipo (ver Anexo 27), Tabla de clasificación de las

condiciones actuales del equipo (ver Anexo 28 y Anexo 29). Estas fichas de trabajo permitirán llevar un mejor control en los registros para el proceso de mantenimiento de los equipos.

Estas fichas de trabajo fueron obtenidas del manual “Modelo para mejorar sistemas de producción industriales”, actualización 2003, cuyo autor es el Dr. Kleber Barcia.

4.4. Evaluación de las mejoras.

Con el control en el proceso de elaboración de botas PVC, se procederá a evaluar las mejoras y el impacto que estas generarían en la calidad en el producto terminado.

a. Porcentaje de carbonato de calcio.

Con el proceso bajo control estadístico de calidad se pudo obtener una reducción de la varianza (ver Tabla 18).

La reducción de varianza más significativa fue para la parte de la suela de la bota teniendo así una reducción del 51% y 24% para el primero y segundo turno respectivamente, mientras que para la caña se presentó solo disminución de la varianza en el primer turno con un valor del 14%.

Tabla 18

Resultado de las mejoras con respecto a la varianza de la variable
Porcentaje de carbonato de calcio.

Turno	Parte de la bota de PVC	Varianza del proceso inicial	Varianza del proceso bajo control estadístico de calidad	% de Reducción de la varianza
1	Suela	0,85	0,42	51%
	Caña	1,42	1,22	14%
2	Suela	0,70	0,53	24%
	Caña	1,35	1,35	0%

Con el proceso bajo control estadístico de calidad también se obtuvo un incremento en los índices de capacidad real, los cuales se presentan en la Tabla 19.

Como se puede observar nuevamente para la parte de la caña se obtuvo un incremento de su índice capacidad real del 70% y 43% para el primero y segundo turno respectivamente, mientras que para la caña solo hubo un incremento del C_{pk} en el primer turno de 1.5%.

Tabla 19

Análisis de capacidad del proceso bajo control estadístico de
calidad: Porcentaje de carbonato de calcio.

Turno	Parte de la bota de PVC	Cpk (inicial)	Cpk (Bajo control estadístico de calidad)	Porcentaje del incremento del Cpk
1	Suela	0,09	0,31	70%
	Caña	-0,66	-0,65	1,5%
2	Suela	0,30	0,52	43%
	Caña	-0,55	-0,55	0%

Si bien con el proceso bajo control estadístico de calidad, se puede lograr una disminución de la varianza y por lo tanto un aumento de su C_{pk} , se puede observar que estos resultados no logran cumplir con las especificaciones expuestas por la empresa, ver Figura 4.4, Figura 4.5, Figura 4.6 y Figura 4.7, las cuales muestran la distribución de la característica de calidad versus la especificación. Así, la Figura 4.5 muestra como por ejemplo que la distribución del porcentaje de calcio en la caña del primer turno está por encima de su especificación, por lo que este hecho refuerza lo expuesto en el Capítulo 3, en el que se concluyó que la formulación no es consistente con la especificación, por lo que se necesita realizar cambios en el proceso para cumplir con las especificaciones. Estos cambios deberán empezar con la

reducción de la variabilidad en el proceso a través de estrategias desarrolladas por los miembros de la empresa. De no poder alcanzar este objetivo se deberá entonces cambiar las especificaciones para que así este proceso pueda ser capaz de cumplir con estándares de calidad.

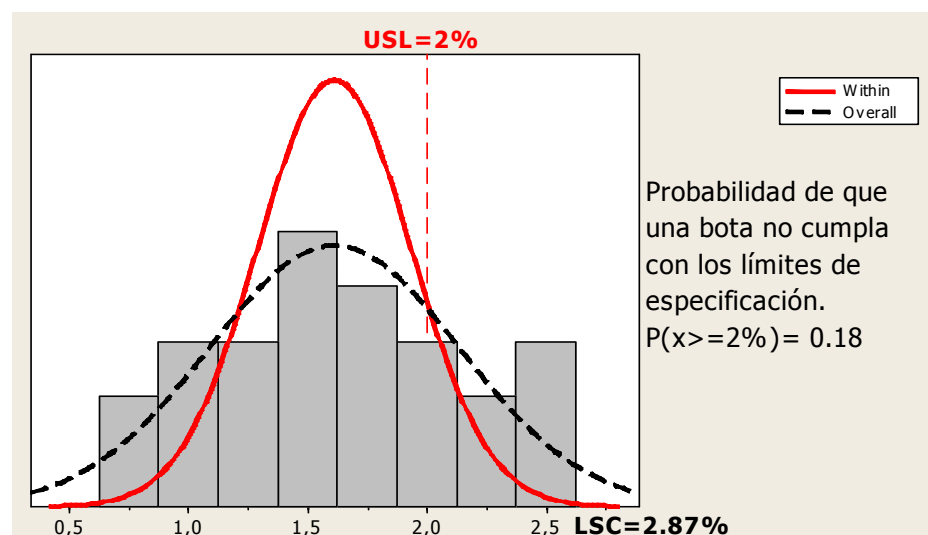


Figura 4.4: Distribución de la característica de calidad versus la Especificación, Suela, I TURNO

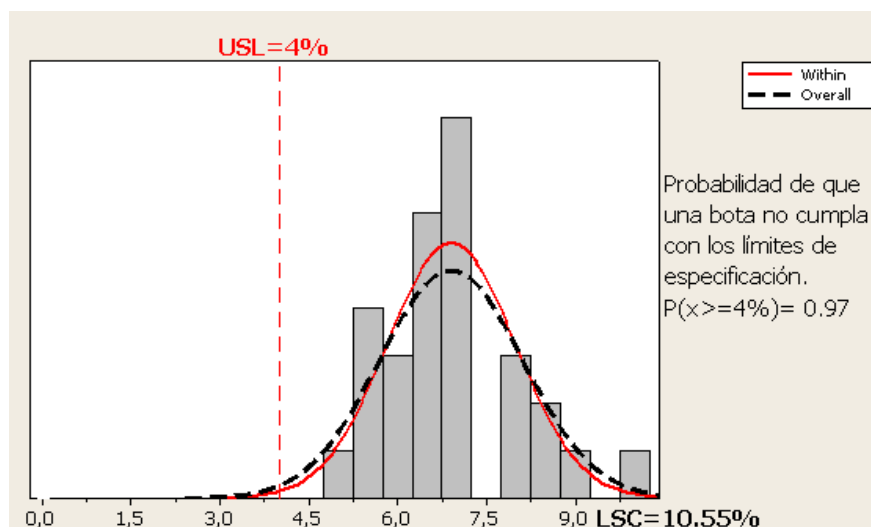


Figura 4.5: Distribución de la característica de calidad versus la Especificación, Caña, I TURNO

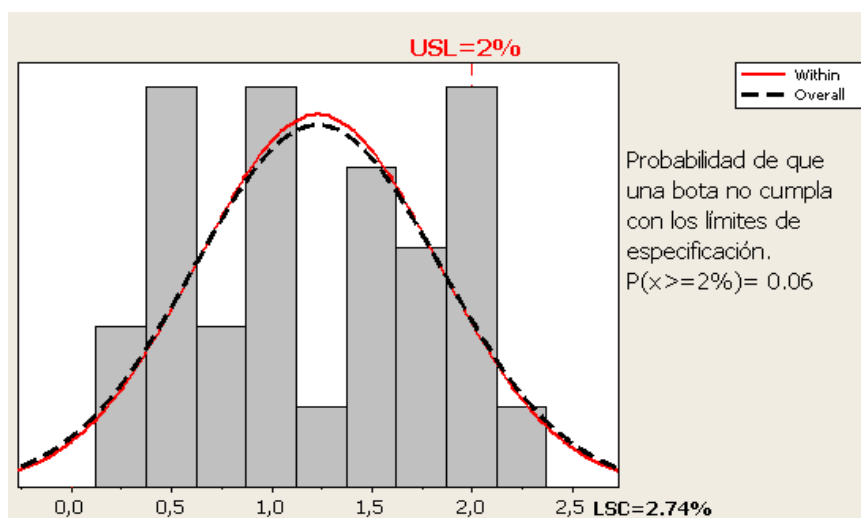


Figura 4.6: Distribución de la característica de calidad versus la Especificación, Suela, II TURNO

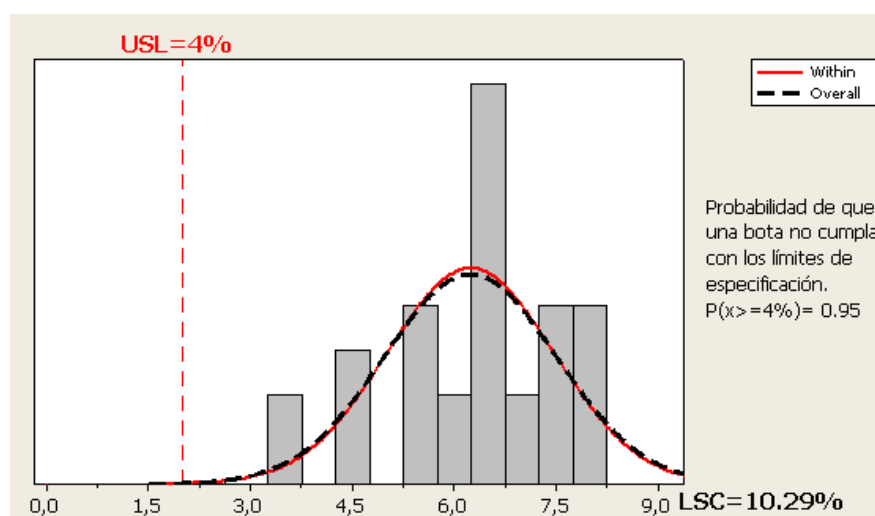


Figura 4.7: Distribución de la característica de calidad versus la Especificación, Caña, II TURNO

También, se determinó los costos asociados al no cumplimiento de las especificaciones de calidad, con el proceso bajo control.

La Tabla 20 muestra los resultados luego del establecimiento del control estadístico de calidad.

Tabla 20

Porcentaje de reducción en los costos asociados al no cumplimiento de las especificaciones de calidad, con el proceso bajo control estadístico de calidad,

Costos asociados a las NO Conformidades (Inicial y con el proceso bajo control estadístico de calidad)						
Descripción	Parte de la bota de PVC	Especificación	Costos asociados a las NO conformidades			
			Antes del control de procesos	Después del control de procesos	% de reducción	Unidades
Turno 1	Suela	$C_a C_o^3 \leq 2\%$	4.137	1.878	54,61%	\$/semana
	Caña	$C_a C_o^3 \leq 4\%$	10.374	10.370	0,05%	\$/semana
Turno 2	Suela	$C_a C_o^3 \leq 2\%$	1.959	624	68,15%	\$/semana
	Caña	$C_a C_o^3 \leq 4\%$	10.123	10.120	0,03%	\$/semana
TOTAL			26.594	22.991		

Tal como se muestra en la Tabla 20, con el proceso bajo control estadístico de calidad se puede lograr una reducción en los costos esperados por incumplimiento de las especificaciones de calidad, debido a que la variabilidad del proceso disminuye. En el caso de la caña, el control estadístico del proceso no logra reducciones de costos debido a la inconsistencia entre la formulación del producto y la especificación.

b.- Espesores de la bota de PVC.

Contando con el proceso bajo control estadístico de calidad, se calculó los límites naturales para la variable espesor de la bota de PVC, ver Tabla 21.

Tabla 21

Límites naturales, para el Espesor de la bota de PVC (mm).

LÍMITES NATURALES	Parte # 1	Parte # 2
Límite natural superior	2,47	3,9
Límite central	2,02	3,15
Límite natural inferior	1,56	2,4
Varianza	0,15	0,25

Los límites naturales calculados indican la amplitud real de la variación de la salida del proceso.

Esta información es valiosa para determinar los parámetros reales del proceso, debido a que permite proponer límites de especificación de acuerdo a las características del proceso bajo control estadístico.

Se ha analizado los límites naturales de la partes 1 y 2 (ver Figura 4.8) de las botas derechas e izquierda por turno y por máquina, para seleccionar el mejor de los casos (en base a los límites que presenten una menor variación en el proceso) para tomar el parámetro del proceso que sirvan para los cálculos, quedando así para la parte número uno de la bota los límites pertenecientes a la bota derecha del primer turno de la máquina MG 2000 A, la cual presenta una varianza de 0.15 y para la parte número dos de la bota, los límites pertenecientes a la bota derecha del primer turno de la máquina MG 2000, la cual presenta una varianza de 0.25



Figura 4.8 Partes de la bota de PVC seleccionadas para el cálculo de los espesores.

CAPÍTULO 5

5. Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

Situación Actual:

La empresa en estudio al inicio de esta tesis no contaba con un diagrama del proceso de fabricación de botas de PVC, por lo que se realizó un mapeo del proceso (ver Figura 3.3), en el cual se identificaron las actividades de: Pesado de materia prima, Inyección de la bota de PVC, Rebabeo y Empaquetamiento.

Junto con el supervisor de producción, el encargado del laboratorio y demás personal de planta, se escogieron dos indicadores de calidad críticos los cuales fueron: Porcentaje de carbonato de calcio y Espesores de las botas de PVC.

El porcentaje de carbonato de calcio interviene en la calidad con la abrasión es decir; un porcentaje mayor al establecido por fórmula provocará que las botas se desgasten más rápidamente con el tiempo por el uso.

Mientras que los espesores influyen en la percepción que tiene el cliente sobre la calidad del producto, como también por ejemplo influye en la ergonomía al caminar y poder realizar correctamente las labores destinadas con el uso de las botas.

Para este estudio se seleccionaron las cartas de control de Individuales y Rango móvil, debido a que las pruebas que se le realizaron a las botas de PVC son de tipo destructiva por lo que luego de realizar pruebas no podrán ser aptas para la venta.

Es por esta razón que se tomaron 30 botas de manera aleatoria por turno y por máquina dando así un total de 120 observaciones para monitorear el porcentaje de carbonato de calcio y los espesores de la bota.

El resultado de la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov que se hizo a estas dos variables de calidad: Porcentaje de carbonato de calcio y Espesor de la bota de PVC, dió como resultado un valor de p-valué mayor a 0.05, de ahí que se concluyó que existe suficiente evidencia estadística para decir que los datos siguen una distribución normal.

Ya con el desarrollo de las cartas de individuales y rangos móviles, se pudo constatar que los procesos de Pesado de materia prima e Inyección de las

botas de PVC estaban fuera de control estadístico de calidad, debido a que presentaron puntos fuera del límite superior de control.

Se realizó un análisis de capacidad para la variable porcentaje de carbonato de calcio. Donde se obtuvo para el primero y segundo turno para la suela y caña un $C_{pk} < 1$ y una clase o categoría de proceso igual a 4, lo que indicó que el proceso no era el adecuado para el trabajo debido a que no es capaz de cumplir con las especificaciones.

Se determinó el costo asociado a las no conformidades de la variable Porcentaje de carbonato de calcio.

De donde se obtuvo:

- Para el primer turno un valor de \$14,511/semana.
- Para el segundo turno un valor de \$10,082/semana.

Estos valores están influenciados principalmente por el incumplimiento de las especificaciones de la Caña, lo cual se puede deber a la incorrecta formulación o a que la especificación es demasiado exigente por lo cual esta variable no logra cumplir con las especificaciones.

De acuerdo al análisis de causas, se determinó que existen cuatro problemas que afectan a ambas variables de estudio (Porcentaje de carbonato de calcio y Espesor de la bota de PVC). Estos problemas fueron:

- Falta de capacitación del personal de la planta.
- Inexistencia de controles estadístico para medir la situación actual de los indicadores de calidad.
- Variación en las mediciones.
- Inexistencia de mantenimiento preventivo en las maquinarias.

Con el control estadístico del proceso, para el Porcentaje de carbonato de calcio:

Se logró que la variabilidad del proceso se reduzca para la suela en 51% y 14% para el primero y segundo turno un respectivamente y para la caña una reducción del 14% para el primer turno.

Con las cartas de individuales y rango móvil se logró controlar y mantener bajo valores adecuados los costos de estimación de calidad, se obtuvo una reducción de costos total por incumplimiento de especificaciones para la suela y caña en total de 3,602 dólares por semana, lo que anualmente representa una reducción en costos de 13.55%.

Si bien se pudo observar que existió una reducción de la variabilidad, un incremento en los índices de capacidad y por ende una reducción en los costos por incumplimiento de las especificaciones de calidad, al final se pudo notar que el proceso todavía no es capaz de cumplir con las especificaciones dadas por la empresa, por lo que se requiere modificaciones serias.

Estos cambios deberán empezar con la revisión de la formulación a fin de que sea consistente con la especificación y además con la estandarización de procesos. De no poder alcanzar este objetivo se deberá entonces cambiar las especificaciones para que así este proceso pueda ser capaz de cumplir con estándares de calidad.

Con el control estadístico del proceso, en los espesores de la botas de PVC.

Los límites naturales indican la amplitud real de la variación de la salida del proceso, es por esta razón que en el capítulo 4 ya con el proceso bajo control estadístico de calidad se seleccionaron los límites naturales para los espesores 1 y de 2 de la bota de PVC, tal como muestra la Tabla a continuación. Dichos límites naturales son utilizados para el cálculo de los índices de capacidad.

Tabla 21

Límites naturales, para el Espesor de la bota de PVC.

LÍMITES NATURALES	Parte # 1	Parte # 2
Límite natural superior	2,47	3,9
Límite central	2,02	3,15
Límite natural inferior	1,56	2,4
Varianza	0,15	0,25

Recomendaciones

Tal como se mostró en el capítulo 4, en las propuestas de mejoras, se recomienda que exista:

- Desarrollo de procedimientos para el proceso de elaboración de materia prima e inyección de las botas de PVC.
- Llevar acabo capacitaciones la cuales tendrán como objetivo la formación adecuada del trabajador, para el cumplimiento de sus labores.
- Estudio R&R (Repetibilidad y reproducibilidad).
- Monitoreo de las características de calidad.

Siendo el estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad uno de los más importantes, debido a que permite evaluar en forma experimental que parte de la variabilidad total observada en los datos es atribuible al error de medición y poder así cuantificar si este error es mucho o poco, comparado con la variabilidad del producto y con las tolerancias que se mide.

- Revisar la formulación para la parte de la bota: Caña y analizar las especificaciones de su porcentaje de carbonato de calcio, debido a que esta variable no es capaz de cumplir con su especificación.
- Realizar un diseño experimental para determinar los niveles de los factores input del proceso para poder así cumplir las especificaciones, debido a que en la actualidad los indicadores de calidad no son capaces de cumplir con las especificaciones exigidas por la empresa.
- Analizar el número de defectos por subgrupos, a través de la Carta c de control, debido que en la actualidad la empresa no lleva un registro de los tipos de defectos encontrados en las botas. Con la ayuda de esta carta se podrá determinar la variación esperada para el número de defectos por subgrupo, localizar el tipo de defecto con mayor frecuencia y el área donde se presenta. La ventaja de esta carta es que permitirá evaluar el impacto de las acciones de mejoras.

- Capacitar a los jefes del proceso para que estos puedan liderar y participar en equipo para la realización de las mejoras en los procesos, debido a que la empresa no cuenta con un Departamento de calidad. Se les deberá de capacitar con los conocimientos de estadística básica y calidad y mantenimiento preventivo, de ésta manera se podrá identificar los problemas y priorizar cada uno de ellos.
- Implementar un sistema de trazabilidad, el cual permita conocer como por ejemplo: número de lote y fecha de fabricación, esto permitirá dar seguimiento del proceso y así obtener información que permita identificar en donde pudo haber existido problemas y tomar acciones correctivas.

ANEXO 1.

Resultado de la prueba: Porcentaje de carbonato de calcio.

# DE OBSERVACIÓN	I TURNO		II TURNO	
	SUELA	CAÑA	SUELA	CAÑA
1	2,2	7,1	0,24	7,8
2	1,4	6,8	1,2	6,3
3	1,6	5,7	1,6	7,2
4	1,7	6,3	1,7	6,5
5	1,6	6,5	1	5,9
6	0,4	6,8	0,86	6,7
7	4,5	5,4	1,8	6,3
8	1,7	7,2	2,1	7,5
9	1,4	8	1,7	5,3
10	2	9,1	1	4,4
11	3,6	6,5	0,2	7,5
12	0,8	10	2,1	5,3
13	1,8	6,4	1	6,7
14	2,4	6,9	1,9	4,3
15	1,3	8,7	1,5	3,4
16	2,2	6,5	0,6	5,4
17	1,2	7,2	1,6	7,4
18	1,1	8,7	0,9	4,6
19	2,5	3,4	0,9	7,8
20	2,5	6,1	1,9	7,9
21	3,3	6,7	3,6	3,6
22	1,2	5,9	1,6	6,6
23	1,1	6,8	0,4	6,3
24	2	5,9	0,7	6,3
25	1,9	8	2	5,4
26	0,7	5,5	2,2	8
27	0,7	4,8	2,9	6,5
28	1,4	7,2	0,6	5,9
29	1,8	8,1	0,6	7,3
30	0,9	5,5	0,6	7

ANEXO 2.

Resultado de la prueba: Espesor de la bota de PVC.

I TURNO (Bota Derecha). Máquina MG 2000A

# DE OBSERVACIÓN	PARTE I		PARTE II	
	Derecha (mm)	Izquierda (mm)	Derecha (mm)	Izquierda (mm)
1	1,98	1,88	2,83	2,93
2	2,95	2,85	3,2	3,63
3	2,09	1,85	3,73	3,7
4	2,15	1,93	3,66	3,2
5	2,07	2,64	3,3	3,61
6	2	1,68	3,27	3,19
7	2,36	2,23	3,34	2,65
8	1,75	1,86	3,13	2,96
9	2,06	2,1	2,67	3,7
10	1,86	1,96	2,83	3,65
11	1,05	2,05	2,67	3,75
12	1,82	2,06	2,67	3,5
13	1,74	2,04	2,61	3,41
14	1,86	1,97	2,99	3
15	1,92	1,87	3,2	3,32
16	1,84	1,93	2,73	3,65
17	1,91	1,96	3,27	2,8
18	2,79	2,13	4,74	2,13
19	2,22	2,22	4,12	2,53
20	1,84	1,97	3,45	3,07
21	2	1,89	3,43	3,37
22	1,81	1,85	2,96	3,43
23	1,82	1,98	3,33	3,19
24	1,84	1,95	3,41	3,1
25	2,35	2,04	4,45	2,25
26	2,52	2,29	3,15	2,86
27	2,23	2,1	2,93	3,83
28	2,24	2,65	3,9	2,77
29	2,22	2,36	3,05	2,8
30	2,1	2,31	3,7	2,92

ANEXO 3.

Resultado de la prueba: Espesor de la bota de PVC.

I TURNO (Bota Izquierda). Máquina MG 2000 A

# DE OBSERVACIÓN	PARTE I		PARTE II	
	Derecha (mm)	Izquierda (mm)	Derecha (mm)	Izquierda (mm)
1	2,1	1,93	3,25	3,25
2	2,9	2,2	3,75	3,21
3	2	2,75	3,35	3,25
4	2,08	2,73	3,55	3,53
5	2,3	2,25	3,45	2,9
6	2	2,15	2,7	2,9
7	2,18	2,2	3,55	2,9
8	1,73	2,05	2,7	3,86
9	2,03	1,74	3,55	2,6
10	1,96	2	2,63	3,63
11	1,95	1,92	3,24	2,72
12	1,98	1,76	3,21	3,15
13	2,13	1,6	3,6	3,7
14	1,93	2,05	2,56	3,86
15	1,75	2,1	2,73	3,53
16	1,77	1,87	3,07	3,13
17	2,02	1,86	2,86	3,55
18	2,46	2,59	3,06	3,68
19	2,8	2,5	3,65	3,21
20	2,07	1,8	3,08	3,13
21	1,97	1,82	3,17	3,1
22	1,96	1,94	3,01	3,15
23	1,95	1,89	2,86	3,33
24	1,93	1,98	2,83	3,49
25	2,3	2,63	3,12	3,83
26	2	2,44	2,59	3,82
27	2,35	1,96	3,55	2,85
28	2,32	2,68	2,56	3,25
29	2	2,24	3,24	2,62
30	2,49	2,59	2,9	4,13

ANEXO 4.

Resultado de la prueba: Espesor de la bota de PVC.

II TURNO (Bota Derecha). Máquina MG 2000 A

# DE OBSERVACIÓN	PARTE I		PARTE II	
	Derecha (mm)	Izquierda (mm)	Derecha (mm)	Izquierda (mm)
1	1,9	2,01	3,18	3,24
2	1,85	1,96	3,21	3,18
3	2,25	2,04	3,31	3,34
4	2	1,86	3,07	3,15
5	2,18	2,45	3,7	2,91
6	1,81	2,22	2,43	3,75
7	2,04	1,9	3,32	3,2
8	2,05	2,92	3,17	3,21
9	1,83	2	3,19	3,1
10	1,85	1,9	3,24	3,19
11	1,64	2,07	2,81	3,32
12	2,35	2,3	4,23	2,5
13	1,9	1,8	3,45	2,8
14	2,45	2,17	4,3	2,35
15	2,12	2,45	2,74	3,24
16	1,8	2,05	3,43	3,19
17	2,03	1,98	3,16	3,05
18	1,89	1,9	3,31	2,87
19	2,26	2,18	4,15	2,58
20	1,71	1,95	2,97	3,14
21	1,94	1,9	3,08	3,21
22	2,24	2,31	2,58	3,33
23	2,76	2,28	3,12	2,39
24	2,4	2,25	3,41	2,45
25	2,69	2,17	3,24	2,78
26	2,25	2,74	3,53	2,9
27	2,44	2,49	3	3,14
28	2,2	2,25	3,92	2,48
29	2,73	2,37	3,15	2,9
30	2,37	2,17	3,72	2,81

ANEXO 5.

Resultado de la prueba: Espesor de la bota de PVC.

II TURNO (Bota Izquierda). Máquina MG 2000 A

# DE OBSERVACIÓN	PARTE I		PARTE II	
	Derecha (mm)	Izquierda (mm)	Derecha (mm)	Izquierda (mm)
1	1,9	2,01	3,18	3,24
2	1,85	1,96	3,21	3,18
3	2,25	2,04	3,31	3,34
4	2	1,86	3,07	3,15
5	2,18	2,45	3,7	2,91
6	1,81	2,22	2,43	3,75
7	2,04	1,9	3,32	3,2
8	2,05	2,92	3,17	3,21
9	1,83	2	3,19	3,1
10	1,85	1,9	3,24	3,19
11	1,64	2,07	2,81	3,32
12	2,35	2,3	4,23	2,5
13	1,9	1,8	3,45	2,8
14	2,45	2,17	4,3	2,35
15	2,12	2,45	2,74	3,24
16	1,8	2,05	3,43	3,19
17	2,03	1,98	3,16	3,05
18	1,89	1,9	3,31	2,87
19	2,26	2,18	4,15	2,58
20	1,71	1,95	2,97	3,14
21	1,94	1,9	3,08	3,21
22	2,24	2,31	2,58	3,33
23	2,76	2,28	3,12	2,39
24	2,4	2,25	3,41	2,45
25	2,69	2,17	3,24	2,78
26	2,25	2,74	3,53	2,9
27	2,44	2,49	3	3,14
28	2,2	2,25	3,92	2,48
29	2,73	2,37	3,15	2,9
30	2,37	2,17	3,72	2,81

ANEXO 6.

Resultado de la prueba: Espesor de la bota de PVC.

I TURNO (Bota Derecha). Máquina MG 2000

# DE OBSERVACIÓN	PARTE I		PARTE II	
	Derecha (mm)	Izquierda (mm)	Derecha (mm)	Izquierda (mm)
1	2,13	2,02	2,74	3
2	2,58	2,23	3,6	3,02
3	1,7	1,92	3,23	3,33
4	1,9	1,89	3,1	3,02
5	2,16	1,82	3,35	3,01
6	2,22	2,31	3,76	3,97
7	2,2	2,03	3,02	2,97
8	1,82	1,9	3,07	2,93
9	2,2	1,66	3,15	3,07
10	2,13	1,62	3,13	3,04
11	1,8	1,7	3,5	2,8
12	1,93	1,85	3,55	3,1
13	1,98	1,76	3,43	2,85
14	1,95	1,9	3,3	3,18
15	1,69	1,93	3,09	3,22
16	1,88	1,82	3,11	2,97
17	1,95	1,74	3,4	3,23
18	2,04	1,9	3,5	3
19	2,14	2,16	2,66	2,93
20	1,86	1,81	3,1	3
21	2,11	2,27	2,79	3,2
22	2,09	1,67	3,7	3
23	1,78	1,85	3,14	3,2
24	2,38	2,28	2,9	3,3
25	1,89	1,85	3,01	3,03
26	2,48	2,35	3,19	3,28
27	2,2	2,04	3,14	2,89
28	1,87	2	2,75	3,55
29	1,95	1,9	3,3	3,18
30	1,69	1,93	3,09	3,22

ANEXO 7.

Resultado de la prueba: Espesor de la bota de PVC.

I TURNO (Bota Izquierda). Máquina MG 2000

# DE OBSERVACIÓN	PARTE I		PARTE II	
	Derecha (mm)	Izquierda (mm)	Derecha (mm)	Izquierda (mm)
1	2,35	1,91	3,16	2,84
2	1,9	2,33	2,63	4,07
3	1,99	1,87	2,85	3,41
4	1,74	1,86	3,1	2,84
5	2,04	2,16	2,95	3,78
6	2,07	2,44	2,9	3,93
7	2,24	1,95	3,09	2,7
8	1,86	1,78	2,8	3,1
9	1,96	1,8	3,4	3,35
10	1,9	1,7	3,4	3,3
11	2	1,83	2,65	3,46
12	1,91	1,65	3,11	3,24
13	1,8	1,98	2,85	3,12
14	1,67	2,01	2,54	3,48
15	1,91	1,84	3,02	3,33
16	1,79	1,92	2,59	3,47
17	2,97	1,72	3,15	3
18	2,02	1,8	3,25	3
19	2,49	2,43	3,08	3,75
20	1,77	1,84	2,64	3,36
21	2,25	1,85	3,17	2,85
22	2,1	1,83	3,08	3,1
23	1,97	1,83	2,9	3,14
24	2,6	2,18	3,7	2,71
25	1,89	1,82	2,69	3,41
26	2,43	2,34	2,5	3,93
27	2,37	1,87	3,35	2,52
28	2,08	1,76	3,21	2,9
29	1,67	2,01	2,54	3,48
30	1,91	1,84	3,02	3,33

ANEXO 8.

Resultado de la prueba: Espesor de la bota de PVC.

II TURNO (Bota Derecha). Máquina MG 2000

# DE OBSERVACIÓN	PARTE I		PARTE II	
	Derecha (mm)	Izquierda (mm)	Derecha (mm)	Izquierda (mm)
1	2,1	1,91	3,2	3,3
2	2,1	2,15	3,76	3,16
3	2,26	2,28	3,25	3,46
4	2,25	2,21	2,83	3,23
5	2,16	1,9	3,67	3
6	2,22	2,33	3,34	3,43
7	1,8	1,74	2,74	3,05
8	2,08	2,05	3,07	2,9
9	1,88	1,8	3,26	3,24
10	2,15	2,33	3	2,9
11	1,84	2,86	3,07	3,1
12	1,86	1,86	3,07	3,07
13	2,35	2,37	2,97	2,71
14	2,17	2,4	2,55	3,25
15	1,84	1,97	3,02	3,15
16	2,04	1,73	3,47	2,88
17	2,6	2,11	3,36	3,09
18	1,81	1,78	3,3	3
19	2,31	1,98	3,42	2,71
20	2,27	1,92	3,06	2,8
21	2,53	2,26	3,14	3,2
22	2,23	2,13	3,45	3,39
23	2,62	2,28	3,37	3,71
24	2,45	2,3	3,15	3,44
25	2,41	2,17	3,13	3,07
26	2,74	2,58	3,65	2,94
27	2,5	2,51	3	2,93
28	2,44	2,6	3,71	2,5
29	2,31	1,98	3,42	2,71
30	1,88	1,8	3,26	3,24

ANEXO 9.

Resultado de la prueba: Espesor de la bota de PVC.

II TURNO (Bota Izquierda). Máquina MG 2000

# DE OBSERVACIÓN	PARTE I		PARTE II	
	Derecha (mm)	Izquierda (mm)	Derecha (mm)	Izquierda (mm)
1	2,04	2,18	2,82	3,99
2	2,33	1,9	3,3	2,66
3	2,22	2,33	3,03	3,71
4	2,15	1,93	2,92	3,05
5	1,95	2,31	2,65	4,19
6	2,23	2,42	2,64	3,09
7	1,81	1,88	3	3,04
8	1,8	2,35	2,45	4,35
9	2,31	1,91	3,15	2,54
10	1,8	1,85	2,85	2,93
11	2,32	2,19	3,42	3,17
12	1,87	1,8	2,73	3,25
13	1,83	1,84	2,85	3,23
14	2,11	2,54	2,8	3,96
15	2,66	1,97	4,11	2,89
16	1,83	1,82	2,79	3,17
17	1,86	1,96	2,9	3,3
18	2,41	2,39	3,44	2,9
19	2,02	1,78	2,8	3,6
20	2,28	1,92	3,2	2,65
21	2,12	2,09	2,9	2,92
22	1,9	2,2	3,83	2,6
23	2,25	2,7	4,04	2,47
24	2,5	2,53	3,16	2,73
25	2,4	2,27	3,05	3,32
26	2,19	2,46	3,26	2,6
27	2,26	2,94	2,51	2,78
28	2,26	2,67	3,35	2,69
29	2,36	2,49	3,65	2,9
30	2,31	1,91	3,15	2,54

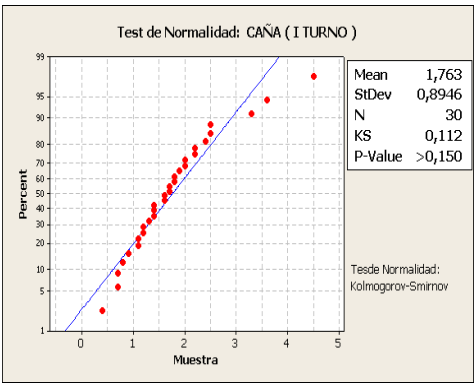
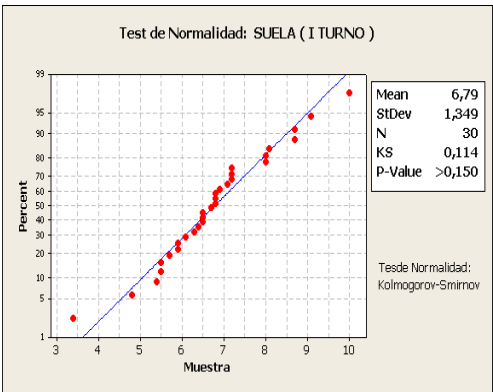
ANEXO 10.

Prueba de normalidad: Porcentaje de carbonato de calcio

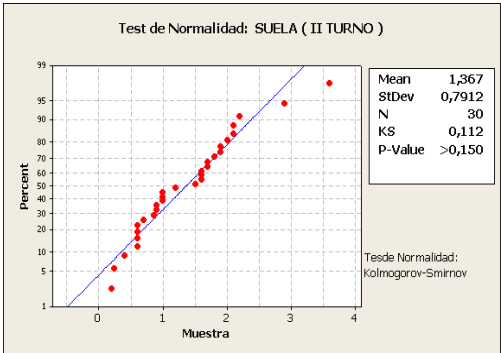
Hipótesis Ho: Los datos se distribuyen de manera normal.

$\alpha = 0.05$ (Nivel de confianza 95%),

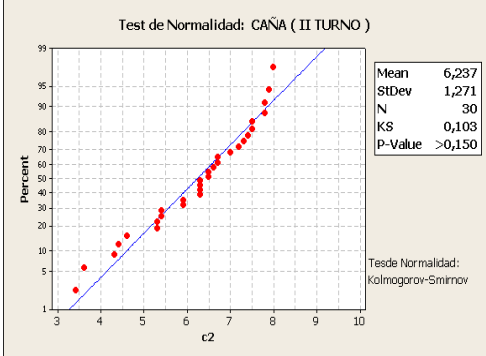
Se puede observar que para todas las pruebas el valor de p-valué es mayor a 0.05 de ahí que no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la Hipótesis Ho.



Parte de la bota: Suela (I Turno)



Parte de la bota: Caña (I Turno)



Parte de la bota: Suela (II Turno)

Parte de la bota: Caña (II Turno)

ANEXO 11.

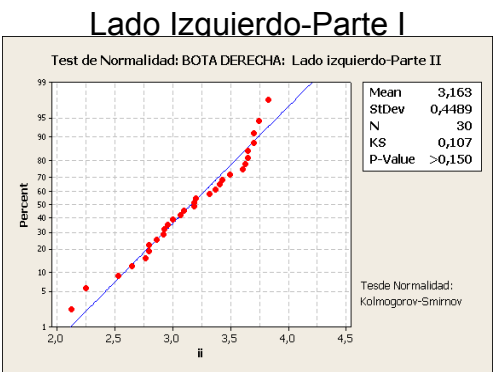
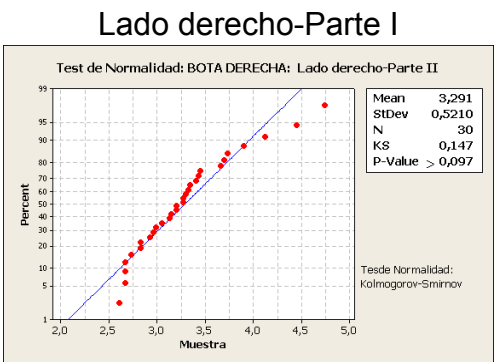
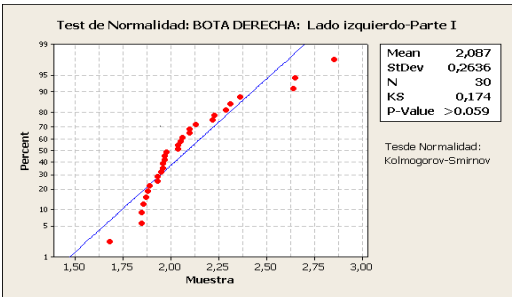
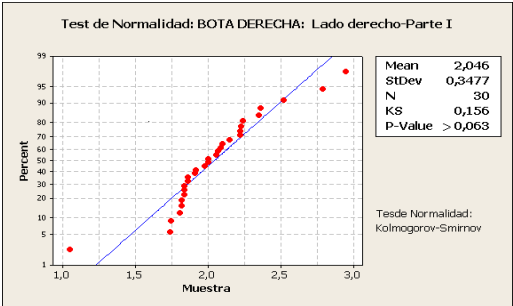
Prueba de normalidad para la variable: Espesor Bota Derecha (I turno).

MÁQUINA MG 2000 A

Hipótesis Ho: Los datos se distribuyen de manera normal.

$\alpha = 0.05$ (Nivel de confianza 95%),

Se puede observar que para todas las pruebas el valor de p-valué es mayor a 0.05 de ahí que no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la Hipótesis Ho.



Lado derecho-Parte II

Lado Izquierdo-Parte II

ANEXO 12.

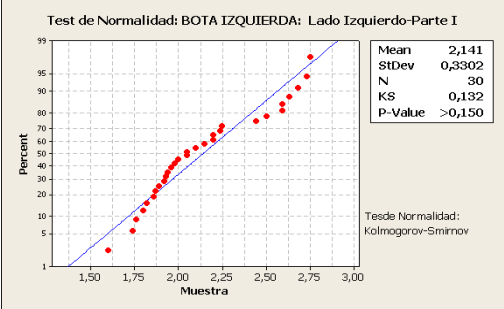
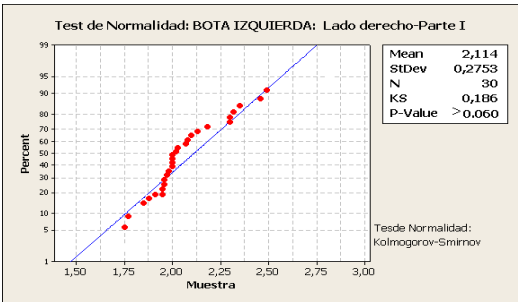
Prueba de normalidad para la variable: Espesor Bota Izquierda (I turno).

MÁQUINA MG 2000 A

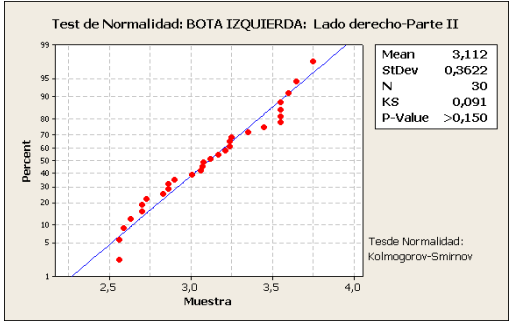
Hipótesis Ho: Los datos se distribuyen de manera normal.

$\alpha = 0.05$ (Nivel de confianza 95%),

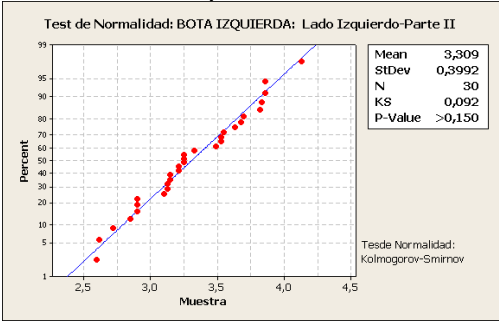
Se puede observar que para todas las pruebas el valor de p-valué es mayor a 0.05 de ahí que no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la Hipótesis Ho.



Lado derecho-Parte I



Lado Izquierdo-Parte I



Lado derecho-Parte II

Lado Izquierdo-Parte II

ANEXO 13.

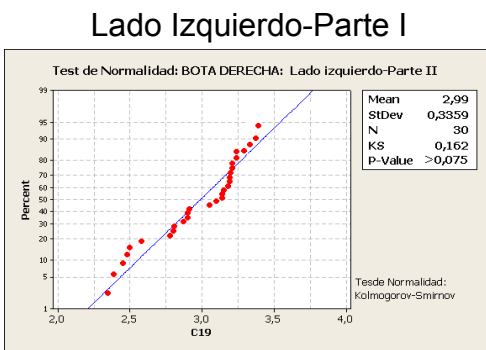
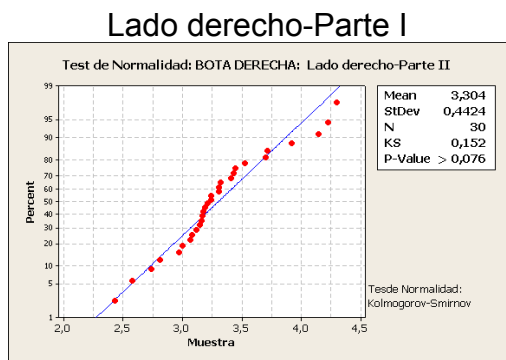
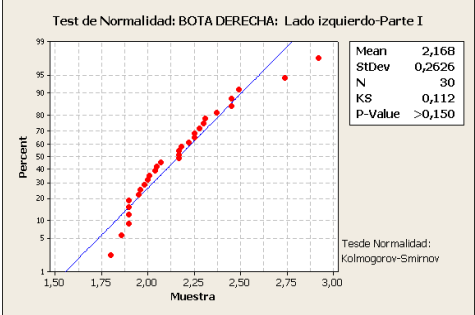
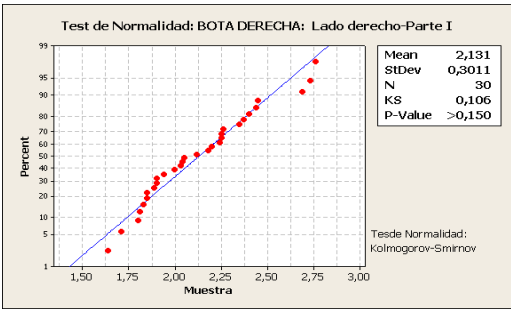
Prueba de normalidad para la variable: Espesor Bota Derecha (II turno).

MÁQUINA MG 2000 A

Hipótesis Ho: Los datos se distribuyen de manera normal.

$\alpha = 0.05$ (Nivel de confianza 95%),

Se puede observar que para todas las pruebas el valor de p-valué es mayor a 0.05 de ahí que no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la Hipótesis Ho.



Lado derecho-Parte II

Lado Izquierdo-Parte II

ANEXO 14.

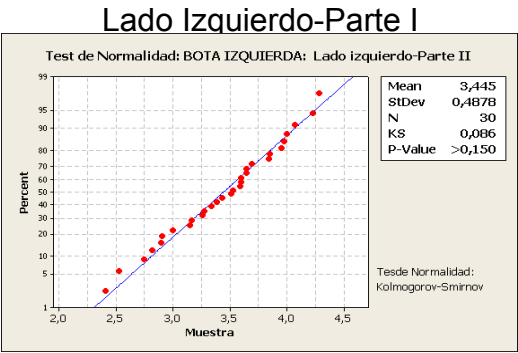
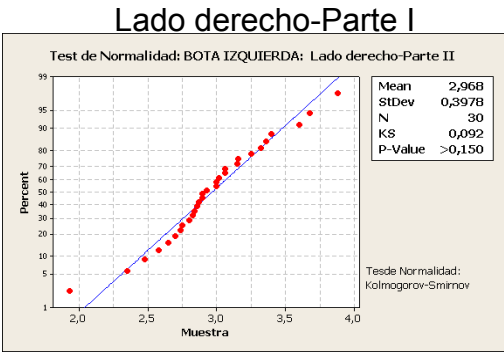
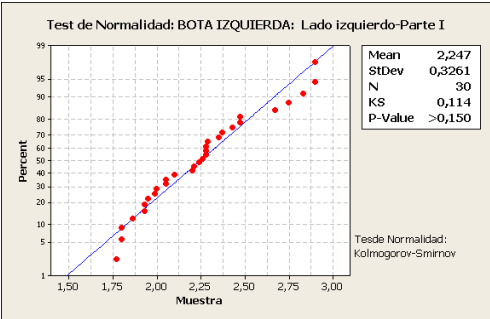
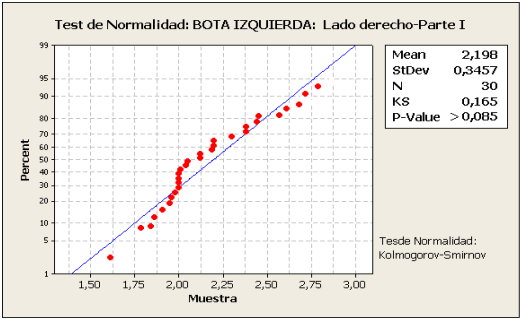
Prueba de normalidad para la variable:

Espesor Bota Izquierda (II turno). MÁQUINA MG 2000 A

Hipótesis Ho: Los datos se distribuyen de manera normal.

$\alpha = 0.05$ (Nivel de confianza 95%),

Se puede observar que para todas las pruebas el valor de p-valué es mayor a 0.05 de ahí que no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la Hipótesis Ho.



Lado derecho-Parte II

Lado Izquierdo-Parte II

ANEXO 15.

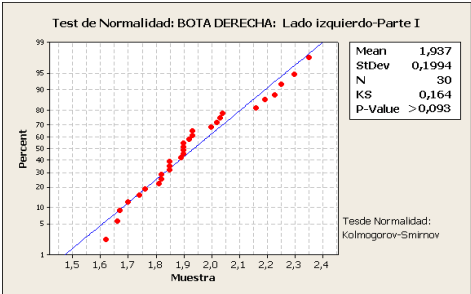
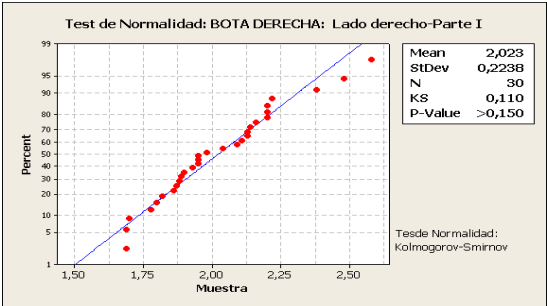
Prueba de normalidad para la variable: Espesor Bota Derecha (I turno).

MÁQUINA MG 2000

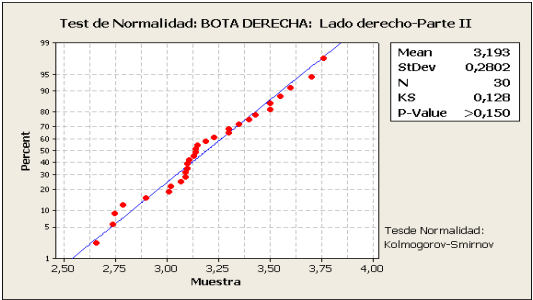
Hipótesis Ho: Los datos se distribuyen de manera normal.

$\alpha = 0.05$ (Nivel de confianza 95%),

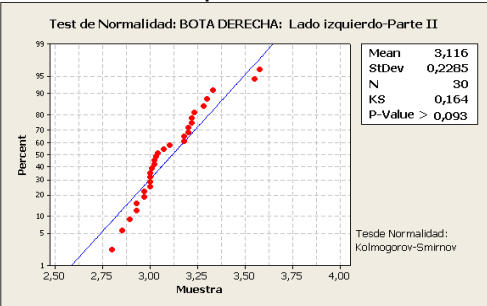
Se puede observar que para todas las pruebas el valor de p-valué es mayor a 0.05 de ahí que no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la Hipótesis Ho.



Lado derecho-Parte I



Lado Izquierdo-Parte I



Lado derecho-Parte II

Lado Izquierdo-Parte II

ANEXO 16.

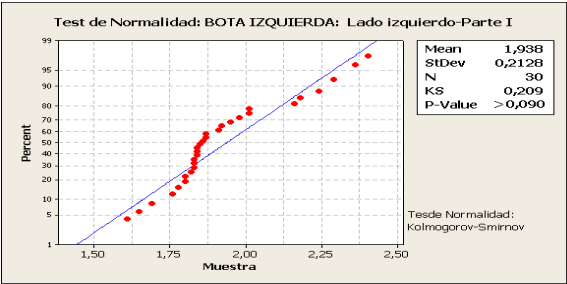
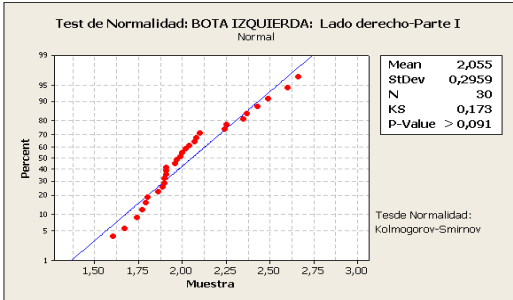
Prueba de normalidad para la variable: Espesor Bota Izquierda (I turno).

MÁQUINA MG 2000

Hipótesis Ho: Los datos se distribuyen de manera normal.

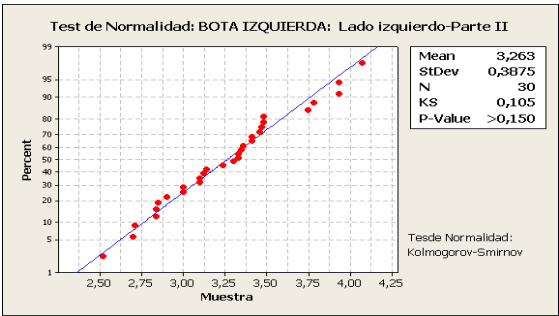
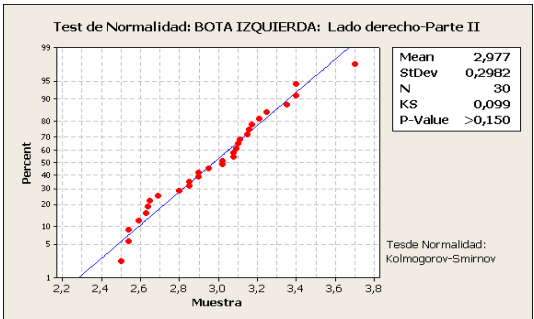
$\alpha = 0.05$ (Nivel de confianza 95%),

Se puede observar que para todas las pruebas el valor de p-valué es mayor a 0.05 de ahí que no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la Hipótesis Ho.



Lado derecho-Parte I

Lado Izquierdo-Parte I



Lado derecho-Parte II

Lado Izquierdo-Parte II

ANEXO 17.

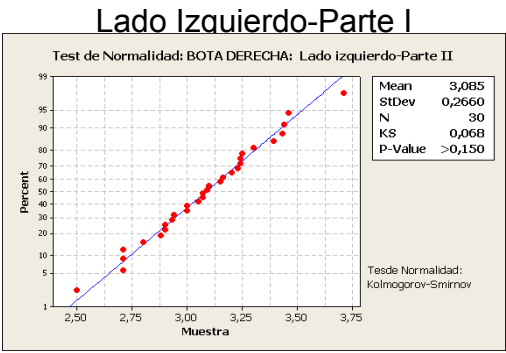
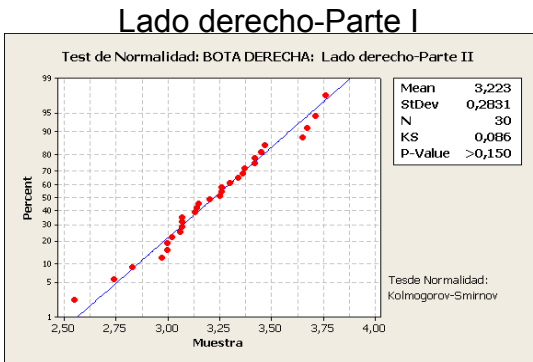
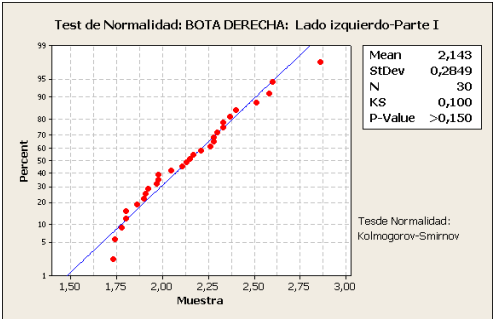
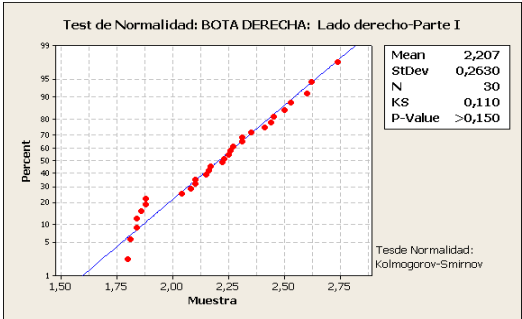
Prueba de normalidad para la variable: Espesor Bota Derecha (II turno).

MÁQUINA MG 2000

Hipótesis Ho: Los datos se distribuyen de manera normal.

$\alpha = 0.05$ (Nivel de confianza 95%),

Se puede observar que para todas las pruebas el valor de p-valué es mayor a 0.05 de ahí que no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la Hipótesis Ho.



Lado derecho-Parte II

Lado Izquierdo-Parte II

ANEXO 18.

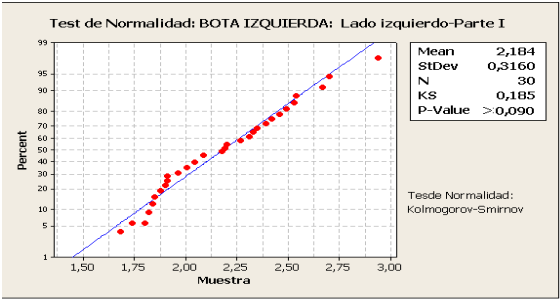
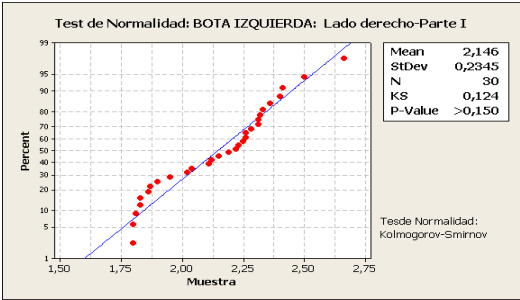
Prueba de normalidad para la variable:

Espesor Bota Izquierda (II turno). MÁQUINA MG 2000

Hipótesis Ho: Los datos se distribuyen de manera normal.

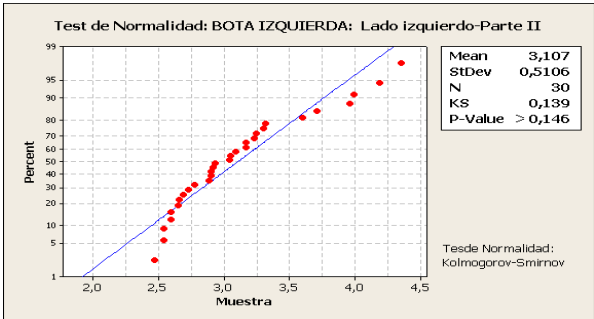
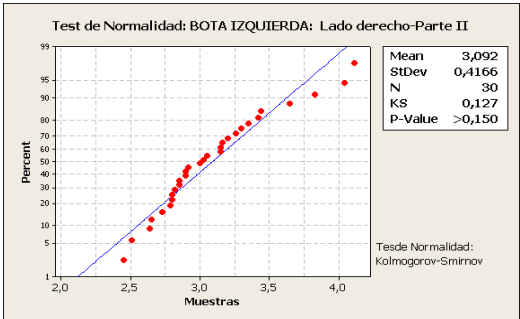
$\alpha = 0.05$ (Nivel de confianza 95%),

Se puede observar que para todas las pruebas el valor de p-valué es mayor a 0.05 de ahí que no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la Hipótesis Ho.



Lado derecho-Parte I

Lado Izquierdo-Parte I



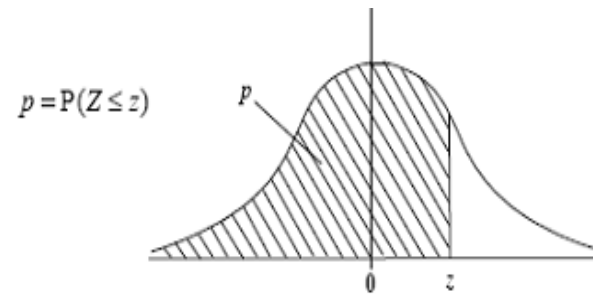
Lado derecho-Parte II

Lado Izquierdo-Parte II

ANEXO 19.

TABLA DE LA DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTANDARIZADA.

[http://mathbas.com/imagenes/clip_image014_0025.gif]



z	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8079	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441

ANEXO 20

FORMATO DE LA ENCUESTA PARA EL ÁREA DE PESADO DE MATERIA PRIMA

La presente encuesta fue desarrollada con el objetivo de encontrar, los principales factores que influyen en los problemas de alto contenido de carbonato de calcio en la formulación de PVC

Por favor sírvase contestar cada una de las preguntas, lo más honestamente posible.

De el mayor peso a las preguntas que usted considere, que pueden generar dicho problema, al final esto debe de sumar 11 puntos

Área: Pesado de materias primas para la elaboración del compuesto, para la fabricación de botas de PVC.

Cree usted que uno de los problemas que generan el alto índice de carbonato de calcio en la formulación para botas de PVC es porque:

Mano de Obra:		PUNTAJE
1	NO se está llevando una correcta inspección a los operarios sobre la forma con que se debe de pesar las materias primas.	
2	Los supervisores del área NO llevan un control sobre las condiciones de funcionamiento de las balanzas.	
3	El personal de planta NO está capacitado sobre el correcto procedimiento de cómo pesar las materias primas.	
4	NO Existen programas de capacitación, con el fin de que el personal de planta mejores sus habilidades laborales con respecto a su área de trabajo.	
5	El área de trabajo, NO se encuentran en buenas condiciones para realizar el trabajo.	
Máquina: Balanzas		
6	Las balanzas NO están calibradas.	
7	NO se realizan programas para realizar mantenimiento a las balanzas.	
8	La ubicación de las balanzas no es la correcta.	
Mediciones		
9	No se llevan registros diarios, para analizar cómo este Índice de calidad se comporta durante un periodo de tiempo.	
Método		
10	NO existe un procedimiento que indique el correcto proceso para elaborar el componente para la elaboración de las botas.	
11	No se ha realizado un estudio que permita identificar el porqué de este problema.	

TOTAL

OBSERVACIONES

ANEXO 21

**RESULTADO DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS EN EL ÁREA DE
PESADO DE MATERIA PRIMA**

Preguntas	Participante				
	1	2	3	4	5
9	0	1	0	0	0
3	0	0	0	0	2
1	0	1	1	0	1
8	2	0	0	0	1
5	1	2	0	0	1
6	2	0	0	0	2
10	1	0	3	0	0
2	2	1	2	0	1
7	3	3	0	0	1
11	0	1	3	3	1
4	0	2	2	8	1
Total	11	11	11	11	11

ANEXO 22

FORMATO DE LA ENCUESTA PARA EL ÁREA DE INYECCIÓN DE BOTAS DE PVC.

La presente encuesta fue desarrollada con el objetivo de encontrar, los principales factores que influyen en las diferencias de espesores en la bota de PVC.
Esta encuesta es de carácter personal y anónima.
Por favor sírvase contestar cada una de las preguntas, lo mas honestamente posible.
De el mayor peso a las preguntas que usted considere, que pueden generar dicho problema, al final esto debe de sumar 15 puntos

Área: Inyección, para la fabricación de botas de PVC.

Cree usted que uno de los problemas que genera que las botas tengan espesores diferentes es porque:

Mano de Obra:		PUNTAJE
1	NO se está llevando una correcta inspección a los operarios sobre la forma de trabajo.	
2	Los supervisores (a quien corresponda) no llevan un control sobre las condiciones de funcionamiento de las máquinas.	
3	El personal de planta NO está capacitado sobre el correcto procedimiento para trabajar con las inyectoras	
4	NO Existen programas de capacitación, con el fin de que el personal de planta mejores sus habilidades laborales con respecto a su área de trabajo.	
5	El área de trabajo, NO se encuentran en buenas condiciones para realizar el trabajo.	
	Máquinas	
6	Existen daños máquina mecánico (MOLDES)	
7	Existen daño máquina eléctrico (Cuales?) (MOLDES)	
8	NO se realiza mantenimiento a las máquinas	
9	NO se realiza mantenimiento a los moldes	
10	Los moldes no corresponden a la máquina	
	Método	
11	NO existe un método para regular la correcta Temperatura, Volumen de MP y Tiempo de Inyección que deben de tener las máquinas	
12	NO existe un procedimiento que indique el correcto proceso para fabricar las botas	
13	No se realizan pruebas de calidad para controlar los espesores de las botas	
14	Se desconoce cuáles deben de ser los espesores que deben tener las botas	
15	No se ha realizado un estudio que permita identificar el porqué de este problema.	

OBSERVACIONES

TOTAL

ANEXO 23

RESULTADO DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS EN EL ÁREA DE INYECCIÓN DE BOTAS DE PVC.

Preguntas	Participante						
	1	2	3	4	5	6	7
1	0	0	1	1	0	0	0
2	0	0	1	1	0	2	0
3	0	0	0	0	0	2	0
4	4	1	0	0	4	0	1
5	0	0	0	0	2	1	1
6	2	2	0	0	3	2	1
7	1	2	0	0	2	2	0
8	2	0	0	0	0	2	0
9	2	1	0	1	1	0	1
10	0	0	0	4	0	1	0
11	1	2	0	0	0	1	3
12	0	0	0	0	0	2	0
13	0	2	0	3	0	0	4
14	1	2	8	4	1	0	4
15	2	3	5	1	2	0	0
TOTAL	15	15	15	15	15	15	15

ANEXO 24

ESTUDIO REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD												
ESTUDIO R&R POR EL MÉTODO DE LA MEDIA Y EL RANGO												
Persona responsable: _____ Especificaciones: _____ Tolerancia: _____						HOJA: 1 de 2 Fecha: _____ Instrumento: _____ Departamento: _____						
# de partes	OPERADOR 1				OPERADOR 2				OPERADOR 3			
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Rango	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Rango	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Rango
1												
2												
3												
...												
n												

Total Ensayo 1		$\bar{R}_1$			$\bar{R}_2$			$\bar{R}_3$	
Total Ensayo 2									
Total Ensayo 3									
$\bar{X}_1$			$\bar{X}_2$			$\bar{X}_3$			

Máx. $\bar{X}$		Suma de $\bar{R}_1 + \bar{R}_2 + \bar{R}_3 =$		LCS = $(\bar{R})(D_4)$	
Min. $\bar{X}$		$\bar{R}$		LCS =	
$\bar{X}$ Dif.					

Ensayos	D ₄
2	3,3
3	2,6

*Marque aquellos rangos que se encuentran arriba de LCS. Identifique las causas y corríjala.
 Repita esas mismas mediciones utilizando el mismo operador y la misma unidad. Recálcale $\bar{R}$ y LCS*

ANEXO 25

ESTUDIO REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD																							
ESTUDIO R&R POR EL MÉTODO DE LA MEDIA Y EL RANGO																							
Persona responsable: _____ Especificaciones: _____ Tolerancia: _____	HOJA: 2 de 2 Fecha: _____ Instrumento: _____ Departamento: _____																						
Análisis de mediciones unitarias	% de variaciones totales (TV)																						
Repetibilidad - Variaciones de Equipo (EV) $EV = R * K1$ EV = _____ EV = _____		<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <th>Pruebas</th> <th>K1</th> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0,8862</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0,5908</td> </tr> </table>	Pruebas	K1	2	0,8862	3	0,5908	%EV = 100 [EV/TV] %EV = _____ %EV = _____														
Pruebas	K1																						
2	0,8862																						
3	0,5908																						
Reproducibilidad - Variación de Estimador (AV) $AV = \sqrt{\left[\left(X_{dif} * K_2 \right)^2 - (EV^2 / nr) \right]}$ AV = _____		<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <th>Operarios</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> <tr> <th>K2</th> <td>0,7071</td> <td>0,5231</td> </tr> </table>	Operarios	2	3	K2	0,7071	0,5231	%AV = 100 [AV/TV] %AV = _____ %AV = _____ n = Numero de Datos r = Numero de Pruebas														
Operarios	2	3																					
K2	0,7071	0,5231																					
Repetibilidad & Reproducibilidad (R & R) $R\&R = \sqrt{(EV^2 + AV^2)}$ R&R = _____		<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <th>Datos</th> <th>K3</th> </tr> <tr><td>2</td><td>0,7071</td></tr> <tr><td>3</td><td>0,5231</td></tr> <tr><td>4</td><td>0,4467</td></tr> <tr><td>5</td><td>0,403</td></tr> <tr><td>6</td><td>0,3742</td></tr> <tr><td>7</td><td>0,3534</td></tr> <tr><td>8</td><td>0,3375</td></tr> <tr><td>9</td><td>0,249</td></tr> <tr><td>10</td><td>0,3146</td></tr> </table>	Datos	K3	2	0,7071	3	0,5231	4	0,4467	5	0,403	6	0,3742	7	0,3534	8	0,3375	9	0,249	10	0,3146	% R&R = 100[R&R/TV] % R&R = _____ % R&R = _____
Datos	K3																						
2	0,7071																						
3	0,5231																						
4	0,4467																						
5	0,403																						
6	0,3742																						
7	0,3534																						
8	0,3375																						
9	0,249																						
10	0,3146																						
Variación por Partes (PV) $PV = R_p * K3$ PV = _____		<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <th>Datos</th> <th>K3</th> </tr> <tr><td>2</td><td>0,7071</td></tr> <tr><td>3</td><td>0,5231</td></tr> <tr><td>4</td><td>0,4467</td></tr> <tr><td>5</td><td>0,403</td></tr> <tr><td>6</td><td>0,3742</td></tr> <tr><td>7</td><td>0,3534</td></tr> <tr><td>8</td><td>0,3375</td></tr> <tr><td>9</td><td>0,249</td></tr> <tr><td>10</td><td>0,3146</td></tr> </table>	Datos	K3	2	0,7071	3	0,5231	4	0,4467	5	0,403	6	0,3742	7	0,3534	8	0,3375	9	0,249	10	0,3146	%PV = 100 [PV/TV] %PV = _____ %PV = _____
Datos	K3																						
2	0,7071																						
3	0,5231																						
4	0,4467																						
5	0,403																						
6	0,3742																						
7	0,3534																						
8	0,3375																						
9	0,249																						
10	0,3146																						
Variación Total (TV) $TV = \sqrt{(R\&R^2 + PV^2)}$ = _____		Ndc = 1,41(PV/R&R) Ndc = _____ Ndc = _____																					
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 40%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">R&R ≤</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">10%</td> <td style="width: 40%;">Excelente proceso.</td> </tr> <tr> <td>Estudio valido solo si, Ndc ≥ 5.</td> <td style="text-align: center;">10% < R&R ≤</td> <td style="text-align: center;">20%</td> <td>Bueno, aceptable</td> </tr> <tr> <td>CRITERIO DE ACEPTACIÓN.</td> <td style="text-align: center;">20 < R&R ≤</td> <td style="text-align: center;">30%</td> <td>Marginalmente aceptable.</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">R&R ></td> <td style="text-align: center;">30%</td> <td>Inaceptable y debe ser corregido</td> </tr> </table>					R&R ≤	10%	Excelente proceso.	Estudio valido solo si, Ndc ≥ 5.	10% < R&R ≤	20%	Bueno, aceptable	CRITERIO DE ACEPTACIÓN.	20 < R&R ≤	30%	Marginalmente aceptable.		R&R >	30%	Inaceptable y debe ser corregido				
	R&R ≤	10%	Excelente proceso.																				
Estudio valido solo si, Ndc ≥ 5.	10% < R&R ≤	20%	Bueno, aceptable																				
CRITERIO DE ACEPTACIÓN.	20 < R&R ≤	30%	Marginalmente aceptable.																				
	R&R >	30%	Inaceptable y debe ser corregido																				

ANEXO 26



Formato para grupo de trabajo

PROPOSITO DEL GRUPO: _____ _____ _____	Propósito del área escogida: Funciones del área escogida: Problema: Solución:
Fecha: _____	Visión: (describa como usted desea la condición futura del área)
Patrocinador del Proyecto: _____	Guía del proyecto, barreras y restricciones:
Miembros del Equipo & Roles Facilitador: _____ Lider: _____ Anotador: _____ Otros Miembros: _____ _____ _____ _____ _____	Otra información: Equipo a mejorar Descripción _____ Inventario # _____ Departamento # _____ Año de construcción _____ Costo original \$ _____ Costo de reposición \$ _____
Éxito del proyecto medido por:	

ANEXO 27

Análisis de la condición del equipo

Equipo #	Descripción del equipo
Fecha -	Evaluated por -
Confiabilidad/Comentarios:	
Capacidad/Comentario:	
Condición general:	
Apariencia/Limpieza:	
Comodidad de operación:	
Seguridad/Ambiente:	
Comentarios:	

ANEXO 28

TPM Tabla de Clasificación				
Categoría	Ítem	Clasificación: 0 (Pobre) - 5 (Bueno)	Antes Después	
General	1	Equipo libre de suciedad, polvo, aceite en exceso, viruta		
	2	Pernos, tornillos y soporte de equipos están ajustados		
	3	Todo lo que esta junto al equipo es usable y maquinable		
	4	Toda cubierta de equipo y acceso a paneles de control es seguro		
	5	Filtros de motores y bombas están limpios		
Eléctrica	6	Cables eléctricos están revestidos y las conexiones ajustadas		
	7	Switches, paneles & medidores están limpios, rotulados y operables		
	8	Consola de equipos están limpias & todas las lámparas indicadoras trabajan		
Lubricación	9	Visor de vidrio esta rotulado & al nivel apropiado		
	10	Lubricación & líneas de enfriamiento tienen flecha direccionales & no gotean		
	11	Retenedores limpios & visibles		
	12	Medidores de presión están rotulados & operables		
Lugar de trabajo	13	Mesa de trabajo no esta desordenada – herramientas y ordenes		
	14	Tapas & cubiertas están en su lugar, operables & limpias		
	15	Accesorios de seguridad están limpios, en su lugar & operables		
	16	No existe salpicaduras o gotas de aceite en el piso		
	17	Área de trabajo limpia, barrida & y marcada		
	18	Iluminación en buena condición		
	19	Herramientas de corte & cuchillas están ordenadas & rotuladas		
	20	Herramientas de limpieza están rotuladas & ubicadas cerca del operador		
	21	Solo el material necesario esta en el sitio del trabajo		
Control	22	Existe una planificación diaria de limpieza		
	23	Existe auditoria semanal de limpieza		
	24	Toda información importante del equipo esta actualizada & visible		
	25	Existe una Lista de Verificación Diaria TPM del operador		

ANEXO 29

Hoja de Calificación

Sume los 25 ítems =

Divida para 25 =

Departamento: _____

Fecha: _____

Ubicación: _____

Ítem #	Razón de baja calificación – Como se puede mejorar?

BIBLIOGRAFÍA

- [1] www.diccionarios.com, Consultado el 25 Junio del 2008.
- [2] <http://www.diccionarios.com/index2.phtml?>, Consultado el 25 Junio del 2008.
- [3] <http://www.calidad.com.ar/calid111.html>, Consultado el 25 Junio del 2008.
- [4] <http://www.calidad.com.ar/calid111.html>, Consultado el 25 Junio del 2008.
- [5] <http://www.calidad.com.ar/controe7.html>, Consultado el 25 Junio del 2008.
- [6] <http://www.calidad.com.ar/controe7.html>, Consultado el 25 Junio del 2008.
- [7] Gallardo Viviana, Revista Empresas, Editorial Vistazo, Febrero 14 del 2008, Página 8.
- [8] Gallardo Viviana, Revista Empresas, Editorial Vistazo, Febrero 14 del 2008, Página 8.
- [9] Gallardo Viviana, Revista Empresas, Editorial Vistazo, Febrero 14 del 2008, Página 8.
- [10] Gallardo Viviana, Revista Empresas, Editorial Vistazo, Febrero 14 del 2008, Página 14.

- [11] Gallardo Viviana, Revista Empresas, Editorial Vistazo, Febrero 14 del 2008, Página 14.
- [12] http://www.elmercurio.com.ec/web/titulares.php?nuevo_mes=09&nuevo_ano=2003&dias=20&seccion=PlIPF9t, Consultado el 1 de Diciembre del 2008.
- [13] http://www.elmercurio.com.ec/web/titulares.php?nuevo_mes=09&nuevo_ano=2003&dias=20&seccion=PlIPF9t, Consultado el 1 de Diciembre del 2008.
- [14] www.corpei.com/totalexportacionesdecalzadoplasticosybotaspvc, Consultado el 1 de Diciembre del 2008.
- [15] Gutiérrez y De la Vara, Control estadístico de calidad y seis sigma, primera Edición, Editorial Mc. Graw Hill, Capítulo 1.
- [16] <http://www.mgar.net/soc/isointro.htm>, Consultado el 3 Diciembre del 2008.
- [17] Gutiérrez y De la Vara, Control estadístico de calidad y seis sigma, primera Edición, Editorial Mc. Graw Hill, Página 193.
- [18] <http://www.monografias.com/trabajos47/diagrama-pareto/diagrama-pareto.shtml>, Consultado el 3 Diciembre del 2008.
- [19] http://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Pareto, Consultado el 3 Diciembre del 2008.

- [20] Buestán Benavides Marcos, Control Estadístico de la calidad, Diapositivas, Clase de Noviembre del 2006.
- [20] Gutiérrez y De la Vara, Control estadístico de calidad y seis sigma, primera Edición, Editorial Mc. Graw Hill, Capítulo 4.
- [21] Gutiérrez y De la Vara, Control estadístico de calidad y seis sigma, primera Edición, Editorial Mc. Graw Hill, Capítulo 4.
- [22] Gutiérrez y De la Vara, Control estadístico de calidad y seis sigma, primera Edición, Editorial Mc. Graw Hill, Página 308.
- [23] Gutiérrez y De la Vara, Control estadístico de calidad y seis sigma, primera Edición, Editorial Mc. Graw Hill, Página 310.
- [24] www.corpei.com/totalexportacionesdecalzadoplasticosybotaspvc, Consultado el 5 de Septiembre del 2008.
- [25] <http://www.mailxmail.com/curso/vida/inyecciondetermoplastico/Capitulo28.htm>, Consultado el 3 de Febrero 2009.
- [26] Aranda, Víctor. (1999), Evaluación y expresión de incertidumbres con estudios R&R, Metas, México, Consultado el 3 de Febrero 2009.
- [27] Marcela Huayamave Córdova, Aplicación e Integración de los sistemas ISO 9001:200 de gestión de Calidad e ISO 14001 2004 de Gestión de medio ambiente, en una planta procesadora de aceros, Tesis de grado, 2009.