



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL ESTADÍSTICO
DE PROCESOS EN LA EMPRESA FORCOL LTDA.**

**LILIÁN ANDREA ÁLVAREZ CÁRDENAS
IVÁN DARÍO SERRANO GUERRA**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA
2009**



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL ESTADISTICO
DE PROCESOS EN LA EMPRESA FORCOL LTDA.**

**LILIÁN ANDREA ÁLVAREZ CÁRDENAS
IVÁN DARÍO SERRANO GUERRA**

**Trabajo de grado para optar por el título de
Ingeniero Industrial**

**Director
EDWIN ALBERTO GARAVITO HERNÁNDEZ
Ms. Ingeniería industrial**

**Codirector
LUIS ALBERTO SANTOS CASTAÑEDA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA
2009**



A Dios, por ser mi guía constante en el camino.

*A mis papás, por el amor incondicional que me dan día tras día.
Ustedes son el mejor ejemplo de esfuerzo y tenacidad.*

*A mi hermano, por estar conmigo siempre
brindándome su apoyo y comprensión.*

Este logro es para ustedes.

Con amor, Lilián

Con todo mi cariño, dedico este logro

*A Dios, por darme la oportunidad de vivir esta experiencia,
llevarme siempre con Él y concederme la sabiduría para
superar con humildad todos los problemas.*

*A mis padres, porque su cariño inmenso, su fe incondicional en mí
y su sabiduría, han hecho de mí el ser humano que soy hoy.*

*A Ciro y Tutí, porque siempre estuvieron a mi lado
regalándome su afecto, su comprensión,
su apoyo, sus consejos, su ejemplo.*

Iván



AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos a todos quienes contribuyeron de una u otra manera con el desarrollo de este proyecto y con nuestro crecimiento a nivel profesional, académico y humano:

A Dios, pues Él es la fuente de nuestra fortaleza, y a Él le debemos todo.

A nuestras familias, por todo ese amor, comprensión y confianza, que permitieron la realización de este sueño, el logro de la primera meta de nuestras vidas.

A nuestros amigos, pues sus rostros siempre amables, sus palabras de aliento y las experiencias que tuvimos la alegría de compartir con ustedes, permanecerán siempre en nuestros corazones.

A Luis Alberto Santos, por habernos dado la oportunidad de vivir esta enriquecedora experiencia profesional y humana, por su comprensión, interés y apoyo incondicional, y por haberse convertido en el máximo facilitador de este proyecto. Mil gracias por todo.

A la Universidad Industrial de Santander, y en especial al personal docente de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales por habernos guiado durante este proceso de formación académica y profesional de alto nivel. Al Ingeniero Edwin A. Garavito, por haber respaldado la realización de este proyecto y habernos concedido su tiempo, apoyo y asesoría. A Moniquita por su valiosa colaboración a lo largo de nuestra carrera.

A Jaime Castillo, porque sus conocimientos y su permanente asesoría y su ayuda desinteresada facilitaron el desarrollo de este proyecto desde el comienzo hasta el final.

Al grupo de compañeros de oficina de y a todos los colaboradores del área operativa de FORCOL, por habernos acogido con esa calidez humana que los caracteriza. Gracias por su disposición y su esfuerzo.



CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	20
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO	22
1.1 OBJETIVOS.....	22
1.1.1 Objetivo general.....	22
1.1.2 Objetivos específicos.....	22
1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA PRÁCTICA	23
2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	24
2.1 OBJETO SOCIAL	24
2.2 PERFIL	24
2.3 RESEÑA HISTÓRICA.....	24
2.4 POLÍTICA DE CALIDAD	26
2.5 OBJETIVOS DE CALIDAD	27
2.6 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	27
2.7 PRODUCTOS FABRICADOS.....	31
2.7.1 Sector automotriz.....	31
2.7.2 Sector petrolero.....	33
2.7.3 Otros sectores.....	33
3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO PRODUCTIVO	34
3.1 OPERACIONES.....	34
3.1.1 Recepción de materia prima	34
3.1.2 Corte	35
3.1.3 Forja.....	35
3.1.4 Desbarbado	36
3.1.5 Esmerilado.....	36



3.1.6 Tratamientos térmicos.....	36
3.1.7 Limpieza.....	37
3.1.8 Inspección por Magnaflux	38
3.1.9 Calibrado.....	38
3.1.10 Inspección final y despacho	38
3.2 PROCESO DETALLADO POR PRODUCTO.....	39
3.3 TECNOLOGÍA Y MAQUINARIA	41
4. MARCO TEÓRICO	42
4.1 HERRAMIENTAS FUNDAMENTALES DEL CONTROL DE CALIDAD	42
4.1.1 Diagrama de Causa–Efecto	42
4.1.2 Diagrama Pareto.....	43
4.1.3 Diagrama de dispersión	43
4.1.4 Histograma.....	43
4.1.5 Hojas de verificación o comprobación	44
4.1.6 Estratificación.....	44
4.1.7 Gráfico de control.....	45
4.1.8 AMEF	48
4.2 CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO.....	50
4.2.1 Introducción	50
4.2.2 Control del proceso y capacidad del proceso	52
4.2.3 Importancia del sistema de control estadístico de procesos (CEP) para la organización.....	58
4.3 SEIS SIGMA	60
4.3.1 Definir	62
4.3.2 Medir	63
4.3.3 Analizar	63
4.3.4 Mejorar	63
4.3.5 Controlar	63
4.4 DETERMINACIÓN DEL NIVEL SIGMA.....	64



5. DIAGNÓSTICO INICIAL DE LA EMPRESA	66
5.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	66
5.2 DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES CRÍTICAS	69
5.2.1 Equipo de trabajo CEP	69
5.2.2 Necesidades del cliente	70
5.2.3 Áreas de problemas actuales y potenciales	77
5.2.4 Correlación entre características	81
5.2.5 Variables críticas	82
6. MEDICIÓN Y PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	86
7. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ESTUDIOS PRELIMINARES Y PROPUESTAS DE MEJORA	88
7.1 JUNTA FIJA	90
7.1.1 Distancia Fondo Campana a Extremo Vástago.	91
7.1.2 Distancia Fondo a hombro campana.	103
7.1.3 Temperatura de forja de la pieza	104
7.1.4 Peso de carga (Segundo Estudio)	104
7.1.5 Tiempo de calentamiento del tocho (Segundo Estudio).....	105
7.1.6 Distancia Fondo Campana a Extremo Vástago (Segundo Estudio).....	105
7.1.7 Distancia Fondo a Hombro Campana (Segundo Estudio).	107
7.2 ESPIGA.....	108
7.2.1 Diámetro ensamble tubo.	109
7.2.2 Distancia base espiga a asiento vástago.	113
7.2.3 Longitud total.	114
7.2.4 Forja incompleta.	115
7.3 BOCÍN	116
7.3.1 Temperatura de forja de la pieza	117
7.3.2 Espesor de la brida.	117
7.3.3 Run Out entre A-B.	118



7.3.4 Forja incompleta.	120
7.3.5 Grietas/Pliegues/Poros.	121
7.4 TRICETA.....	121
7.4.1 Longitud de Corte.	121
7.4.2 Peso de carga.....	122
7.4.3 Altura del cuerpo.....	124
7.4.4 Corrimiento	125
7.4.5 Grietas/Pliegues.....	126
7.5 RESUMEN ESTUDIOS PRELIMINARES	127
7.6 VALIDACIÓN DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA	128
8. DISEÑO DE LAS CARTAS DE CONTROL.....	131
8.1 CÁLCULO DE PARÁMETROS	131
8.2 CARTAS DE CONTROL.....	133
8.3 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	136
9. PROGRAMA DE SENSIBILIZACIÓN Y ENTRENAMIENTO	138
10. CONCLUSIONES	140
11. RECOMENDACIONES.....	143
BIBLIOGRAFÍA	145
ANEXOS.....	146



LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Inspección por muestreo AOQL	39
Tabla 2. Maquinaria y equipos por proceso de FORCOL Ltda.	41
Tabla 3. Niveles y valores DPMO y Eficiencia Seis Sigma	65
Tabla 4. PPM's de productos por celda	67
Tabla 5. Equipo de trabajo CEP	70
Tabla 6. Resumen RMDs y cálculo de la ocurrencia	73
Tabla 7. NPR AMEF de Junta Fija	74
Tabla 8. NPR AMEF de Bocín o Cubo Rueda	74
Tabla 9. NPR AMEF de Espiga	75
Tabla 10. NPR AMEF de Triceta o Trípode	76
Tabla 11. Principales motivos de rechazo	80
Tabla 12. Variables críticas	84
Tabla 13. Plan de muestreo	87
Tabla 14. Información primer estudio preliminar Junta Fija	90
Tabla 15. Acciones de mejora propuestas para la Junta Fija	99
Tabla 16. Información segundo estudio preliminar Junta Fija	105
Tabla 17. Información estudio preliminar Espiga	108
Tabla 18. Acciones de mejora propuestas para la Espiga	112
Tabla 19. Información estudio preliminar Bocín	116
Tabla 20. Acciones de mejora propuestas para el Bocín	119
Tabla 21. Información estudio preliminar Triceta	121
Tabla 22. Índices de capacidad y desempeño	127
Tabla 23. Contraste PPM's internos 2008 - 2009	129
Tabla 24. Límites de control	132
Tabla 25. Frecuencia de medición de las variables críticas	133
Tabla 26. Actividades del Equipo CEP	137

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Estructura organizacional FORCOL Ltda.	28
Figura 2. Productos fabricados para el sector automotriz	31
Figura 3. Productos fabricados para el sector petrolero	33
Figura 4. Productos fabricados para otros sectores	33
Figura 5. Diagrama de operaciones Junta Fija	40
Figura 6. Líneas de aviso y control en un gráfico de control (parte derecha)	47
Figura 7. Capacidad del proceso usando Minitab 15	55
Figura 8. Rol de los métodos estadísticos de control de procesos dentro de la empresa	59
Figura 9. Etapas de la metodología Seis Sima	64
Figura 10. Cálculo del nivel sigma	65
Figura 11. Diagrama Pareto de rechazos internos en la Recalcadora	78
Figura 12. Diagrama Pareto de rechazos internos en el Martillo 1250	79
Figura 13. Diagrama Pareto de rechazos internos en la Prensa 400	79
Figura 14. Diagrama Pareto de rechazos internos en el Martillo 6300	80
Figura 15. Variables críticas Junta Fija	84
Figura 16. Variables críticas Bocín o Cubo Rueda	85
Figura 17. Variables críticas Espiga	85
Figura 18. Variables críticas Trípode	85
Figura 19. Prueba de Normalidad - Distancia Fondo Campana a Extremo Vástago	91
Figura 20. Transformación Johnson - Distancia Fondo Campana a Extremo Vástago	92
Figura 21. Carta $x - R$ - Distancia Fondo Campana a Extremo Vástago	93
Figura 22. Diagrama Causa-Efecto de Junta Fija (Prensa)	94
Figura 23. Plano de matrices de Junta Fija (Prensa)	95

Figura 24. Transformación Johnson - Distancia Fondo Campana a Extremo Vástago (SCEC).	100
Figura 25. Carta $x - R$ - Distancia Fondo Campana a Extremo Vástago (SCEC)	101
Figura 26. Análisis de capacidad - Distancia Fondo Campana a Extremo Vástago (SCEC)	102
Figura 27. Herramental de Espiga en Recalcadora	110
Figura 28. Esquema del sistema de matrices del Martillo de 6300 toneladas	117
Figura 29. Carta $x - R$ (Derecho)	134
Figura 30. Carta $x - R$ (Reverso)	135
Figura 31. Catapulta estadística Seis sigma	139



LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Diagramas de Operaciones	147
Anexo B. Fórmulas y constantes para las cartas de control	151
Anexo C. Terminología del formato AMEF empleado por FORCOL	157
Anexo D. Planes de Control de Proceso	162
Anexo E. AMEF de proceso	170
Anexo F. Reportes de laboratorio de estudios preliminares	189
Anexo G. Sistema de Familias de Distribuciones de Johnson	213
Anexo H. Gráficos del Análisis de Resultados	221
Anexo I. Formato Carta p de FORCOL	249
Anexo J. Programa de sensibilización y entrenamiento CEP	251
Anexo K. Material Fotográfico	275
Anexo L. Reportes de Capacitación	279
Anexo M. Carta de FORCOL sobre el Plan de Implementación del CEP	285
Anexo N. Carta de certificación de la empresa	286



RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS EN LA EMPRESA FORCOL LTDA.*

AUTORES: Lilián Andrea Álvarez Cárdenas, Iván Darío Serrano Guerra.**

PALABRAS CLAVE: Seis Sigma, Control estadístico de calidad, Variables críticas, Normalidad, Variación, Gráficos de control, Capacidad del Proceso.

DESCRIPCIÓN:

El desarrollo de éste proyecto tuvo lugar en la planta de forja de FORCOL Ltda., con el propósito de diseñar bajo la metodología seis sigma, un sistema de control de calidad efectivo, basado en una herramienta estadística objetiva que permita transformar los datos obtenidos del proceso productivo en información clara y veraz de gran valor, tanto para el monitoreo en tiempo real del proceso por parte de sus responsables directos, como para la toma de decisiones por parte de la administración, contribuyendo a la mejora continua dentro de la organización.

Inicialmente, se realizó un diagnóstico interno y externo de la organización, para identificar las variables críticas que serían objeto de estudio. Posteriormente, se realizó una serie de estudios preliminares, que permitirían determinar el estado de control del proceso y si contaba con la capacidad suficiente para cumplir con las especificaciones de los clientes. Posteriormente se realizó un análisis de las causas raíz que afectaban a cada uno de los productos y se propusieron mejoras para corregir los problemas de variabilidad y centramiento. Una vez se implementaron dichas mejoras, se diseñaron las cartas de pre-control más apropiadas para cada variable para su posterior implementación.

Finalmente, el personal fue capacitado en el tema haciendo énfasis en la importancia del Control Estadístico de proceso, como herramienta de prevención y mejoramiento, y generando conciencia acerca de la importancia del compromiso y disposición hacia la herramienta.

* Trabajo de Grado.

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Estudios Industriales y empresariales. Director: Ing. Edwin A. Garavito H.



SUMMARY

TÍTULO: DESIGN AND APPLICATION OF A STATISTICAL PROCESS CONTROL SYSTEM IN FORCOL LTDA.*

AUTHORS: Lilián Andrea Álvarez Cárdenas, Iván Darío Serrano Guerra.**

KEY WORDS: Six Sigma, Statistical Quality Control, Critical Variables, Normality, Variability, Control Charts, Process Capability.

DESCRIPTION:

The development of this Project took place at the FORCOL Ltd. Company's Forge Plant, with the purpose of designing an effective quality management system under a six sigma methodology, based upon an objective statistic tool that allows to transform the data obtained from productive process into truthful and clear information of great value, for both real-time monitoring of the process by the people in charge, and the decision-making on the administration side, contributing to the continual improvement within the organization.

At first, an inner and outer diagnosis of the organization was carried out in order to identify the critical variables that would be matter of study. Next, a series of initial studies was done so as to determine the state of process' control, and find out whether it was able enough to accomplish the customer specifications. Then, an analysis was carried out on the root causes that affected each product and improvements were proposed to correct the problems related to variability and centering. Once such improvements were implemented, the most appropriate control charts were designed for each variable for later application.

Finally, the staff was trained on the topic emphasizing on the importance of the Statistical Process Control, as a tool for prevention and improvement, thus generating awareness about the importance of commitment and good attitude towards the tool.

* Grade Work.

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Estudios Industriales y empresariales.

Director: Eng. Edwin A. Garavito H.

TABLA DE CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

OBJETIVO ESPECÍFICO	REFERENCIA	PÁGINA
Identificar las características más importantes para los clientes y los problemas de calidad actuales mediante un diagnóstico de los reportes de los motivos de rechazos externos e internos respectivamente.	Capítulo 5. Sección 5.2.2 Necesidades del cliente	50
	Capítulo 5. Sección 5.2.3 Áreas de problemas actuales y potenciales	57
Determinar las características críticas de calidad a controlar a partir de los diagnósticos previos.	Capítulo 5. Sección 5.2.5 Variables Críticas	62
Seleccionar las herramientas estadísticas requeridas para hacer seguimiento a las variables de producto según las condiciones propias de cada proceso y los resultados de los estudios preliminares.	Capítulo 7. Análisis de resultados de los estudios preliminares y propuestas de mejora	68
	Capítulo 8. Diseño de las cartas de control	110
Determinar los índices de capacidad y desempeño de los procesos analizados.	Capítulo 7. Sección 7.5 Resumen estudios preliminares	107
Reducir el nivel actual de los indicadores de rechazos internos y externos de la empresa.	Capítulo 7. Sección 7.6 Validación de las propuestas de mejora	108
Diseñar y desarrollar un programa de sesiones de sensibilización y entrenamiento para el personal del área de operaciones de la empresa (ingenieros, supervisores, operarios) durante el transcurso del proyecto.	Capítulo 9. Programa de sensibilización y entrenamiento	117



INTRODUCCIÓN

En el pasado, la fabricación dependía a menudo de la producción para hacer el producto, y del control de calidad para inspeccionar el producto final y descartar los ítems que no cumplían las especificaciones. En situaciones administrativas el trabajo es a menudo chequeado y re-chequeado en un esfuerzo para encontrar errores. Ambos casos involucran una estrategia de detección que es desperdiciadora, porque permite que tiempo y materiales sean invertidos en productos o servicios que no siempre son utilizables.

De esta manera, es mucho más efectivo evitar el desperdicio en los diferentes procesos (salidas no conformes) empleando una estrategia de prevención, usualmente plasmada en *slogans* como “hágalo bien desde el principio”. Esta estrategia implica que todo el personal de la organización se comprometa a crear calidad, y que comprenda e interiorice a plenitud todos los elementos de un Sistema de Control Estadístico de Procesos, el cual les proporcionará una señal estadística cuando los procesos no se encuentren bajo control, para que ellos puedan tomar acciones basadas en información clara y veraz, como lo es la que proviene de datos obtenidos estadísticamente, para evitar la generación de dicho desperdicio, y así, poder predecir el desempeño futuro del proceso y, a su vez, la capacidad que tiene de entregar a sus clientes productos acordes a sus requerimientos. En otras palabras, el éxito del sistema se fundamenta en el empleo y la comprensión de un lenguaje matemático común en la organización, con el cual los administradores y operadores contarán con información que les permita descifrar lo que las maquinas dicen y, utilizarla para tomar acciones efectivas que finalmente generarán beneficio para la empresa.



Éste proyecto proporciona al personal de FORCOL LTDA. herramientas valiosas como lo son las cartas de control, para contar con información confiable que le permita a quien monitorea el proceso actuar de manera correcta y oportuna para prevenir que se presenten los defectos en los productos fabricados. Para conseguir esto, se desarrollaron una serie de capacitaciones con el fin de sensibilizar y entrenar tanto al personal administrativo como al personal operativo, de tal forma que la calidad, sustentada en el Control Estadístico de Procesos (de aquí en adelante, CEP), se convierta en una nueva filosofía de trabajo en la organización.



1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general.

Diseñar e implementar un sistema de control estadístico de proceso bajo la metodología seis sigma, que le permita a FORCOL Ltda. contar con información clara, veraz y oportuna acerca del desempeño y la capacidad de los procesos de fabricación de las líneas de juntas fijas, espigos, trípodes y bocín.

1.1.2 Objetivos específicos.

- Identificar las características más importantes para los clientes y los problemas de calidad actuales mediante un diagnóstico de los reportes de los motivos de rechazos externos e internos respectivamente.
- Determinar las características críticas de calidad a controlar a partir de los diagnósticos previos.
- Seleccionar las herramientas estadísticas requeridas para hacer seguimiento a las variables de producto según las condiciones propias de cada proceso y los resultados de los estudios preliminares¹.
- Diseñar y desarrollar un programa de sesiones de sensibilización y entrenamiento para el personal del área de operaciones de la empresa (ingenieros, supervisores, operarios) durante el transcurso del proyecto.

¹ Los estudios preliminares corresponden a un trabajo de campo donde se analizan datos recolectados de lotes piloto para determinar si el proceso es estable, si los datos se distribuyen normalmente y, si es el caso, obtener los límites de control iniciales y los indicadores de capacidad.



- Determinar los índices de capacidad y desempeño de los procesos analizados.
- Reducir el nivel actual de los indicadores de rechazos internos y externos de la empresa.

1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA PRÁCTICA

Actualmente en FORCOL LTDA., se presentan cantidades excesivas de material rechazado que generan desperdicios tanto de material, como de mano de obra y de tiempo, que lógicamente, terminan por ocasionar que la empresa pierda dinero. Por ello, se desea diseñar un Sistema de Control Estadístico de Calidad que permita obtener información clara, oportuna y veraz de todos los procesos, que permita a los responsables directos de los mismos efectuar un monitoreo en tiempo real, y que facilite a la administración la toma de decisiones con miras al mejoramiento continuo de la organización.



2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

2.1 OBJETO SOCIAL

FORCOL Ltda. es una empresa colombiana dedicada a la fabricación de diferentes tipos de piezas por procesos de forja cerrada y operaciones de maquinado. Sus productos están dirigidos principalmente al sector automotriz y ocasionalmente a otros sectores como el petrolero y el de maquinaria industrial.

2.2 PERFIL

Razón Social: Forjas de Colombia Ltda.
Sigla: FORCOL LTDA.
NIT: 804.014.757-4
Gerente: Ernesto Azuero Pailé
Teléfono: 6761028 – 6761054
Fax: 6761054
Dirección: Km 7 vía Chimitá – Café
Madrid
Departamento: Santander
Ciudad: Bucaramanga
Pagina Web: www.forcol.com.co
Email: Contacto@forcol.com.co
Año de fundación: 2003

2.3 RESEÑA HISTÓRICA

De la confluencia de tres factores claves tales como la necesidad de Dana Transejes Colombia de desarrollar una fuente local de forja para su producción, la existencia de la planta de Forjados de los Andes cerrada desde el año de 1998 y



la disposición de un recurso humano con experiencia en industria automotriz y fabricación de productos forjados nace la oportunidad de reactivar la planta de forja situada en la Zona Industrial de Bucaramanga.

Los ajustes realizados por Dana Transejes Colombia en su concepto administrativo acompañados por un sistema de contratación de mano de obra y servicios industriales altamente flexible y productivo dentro de un concepto de remuneración por resultados, llevo a esta empresa a concebir la reactivación de la planta de forja en condiciones similares para lo cual después un estudio de las posibilidades técnicas y los costos asociados de producción se acordaron los términos económicos para iniciar operaciones.

FORCOL Ltda. se conforma en febrero de 2003 con el objeto de administrar y desarrollar el proyecto. Su nombre recuerda la sociedad Forjas de Colombia S.A. fundada en 1961 por industriales de la región quienes concibieron el proyecto de forja, construyeron sus instalaciones y compraron los equipos. Actualmente las instalaciones son propiedad del grupo industrial Mayagüez accionistas de Siderurgia del Pacifico con sede en la ciudad de Cali quienes tienen un gran interés en la reactivación de la planta.

Después de dos años y medio de operación la empresa ha recuperado parte de los equipos y la infraestructura que por el cierre se deterioraron, y provee a Dana Transejes Colombia y Transmisiones Homocinéticas de Colombia S.A. partes forjadas para diversas aplicaciones. Para afianzar su desarrollo se estudian mercados diversos diferentes al mercado automotriz en sectores como el cementero, ferrocarriles, producción de cadenas, y petrolero entre otros con énfasis en los mercados de los países Andinos, Estados Unidos, México y Canadá.



Durante los días 28, 29 y 30 de julio de 2008, la empresa estuvo en auditorias de calidad y para el 5 de agosto del mismo año, FORCOL recibió la aprobación del certificado de calidad ISO 9001:2000.

2.4 POLÍTICA DE CALIDAD

“FORCOL LTDA.” Es una organización que enfoca sus procesos en la completa satisfacción de sus clientes entendiéndose por éstos todas las organizaciones y personas con quienes interactuamos en la cadena de fabricación y suministro del producto, brindando productos de la más alta calidad, por medio de:

- *La mejora continua.
- *La eficacia de los objetivos de calidad.
- *La comunicación permanente con los clientes.
- *La eliminación de todas las formas de desperdicio.
- *El cumplimiento de los requisitos del sistema de gestión de calidad.
- *El involucramiento, empoderamiento, desarrollo y motivación de sus colaboradores.
- *La implementación de cambios tecnológicos e innovación.
- *El uso eficiente de los recursos.

Con el fin de prevenir y/o eliminar los posibles defectos en la realización del producto que afecten la calidad del mismo, el personal tiene la autoridad de DETENER de forma responsable los procesos e informar para tomar de forma oportuna acciones que minimicen el impacto, para lo cual cuenta con la información del SGC a su disposición².

² Documentación del manual de calidad, FORCOL LTDA.

2.5 OBJETIVOS DE CALIDAD

Los objetivos de calidad se pueden dividir en tres enfoques:

Objetivos del cliente:

- PPM's³ externos
- Calificación clientes
- Entregas

Objetivos del producto:

- PPMs internos
- Productividad

Objetivos del sistema:

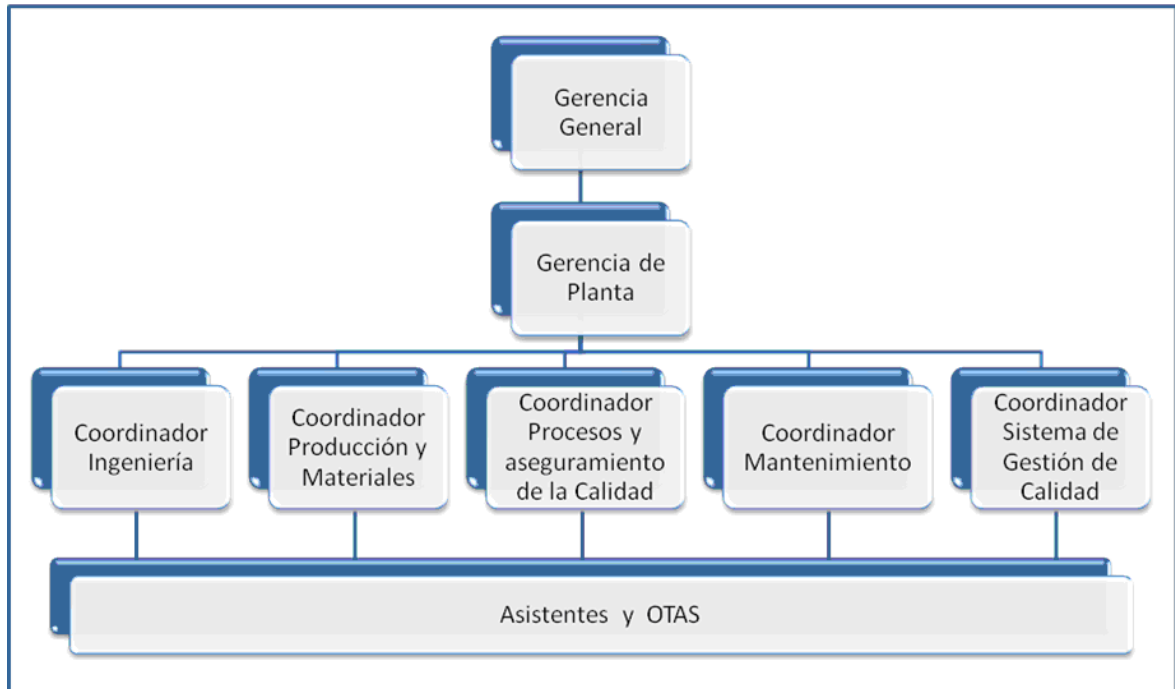
- Auditorías Internas

2.6 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

La organización dispone de una estructura jerárquica plana enfocada al cliente, la GERENCIA y el grupo de COORDINADORES corresponden al máximo nivel ejecutivo responsables por la operación, control y liderazgo organizacional. En la Figura 1 se puede observar ésta estructura.

³ PPM: Partes Por Millón.

Figura 1. Estructura organizacional FORCOL Ltda.



Fuente: Manual de Calidad FORCOL LTDA⁴

Tal y como se plasma en el organigrama, la empresa cuenta con 5 áreas principales entre las que se distribuye la gestión de las actividades funcionales necesarias para cumplir con su objeto social. A continuación se describe de manera breve de qué manera contribuye cada una de las áreas en la gestión global de la empresa:

- **Ingeniería**

Encargada de diseñar la estructura matricial que se emplea en el proceso de forja, teniendo en cuenta la información técnica suministrada por los diferentes clientes (planos, especificaciones y procedimientos). También apoya el desarrollo de nuevos productos estableciendo parámetros de producción bajo los requisitos del cliente.

⁴ Fecha: Junio de 2008.

- ***Producción y materiales***

Aquí se coordina y controla la producción y el manejo de materiales para garantizar la seguridad, calidad y fluidez en la fabricación de los productos; mejorando la eficiencia para aumentar la productividad, reducir costos y garantizar las entregas oportunas a través de la mejora continua de los procesos.

La siguiente es la descripción detallada de las actividades⁵ que se llevan a cabo en ésta área, que es la de interés particular del proyecto:

- Planear la secuencia de producción considerando las necesidades suministradas por el cliente y la disponibilidad de equipos y personal a su cargo.
- Controlar la implementación del sistema de calidad y los controles necesarios para garantizar la calidad del producto fabricado, involucrando activamente al personal de producción y las áreas de apoyo.
- Promover en el personal de producción el uso de herramientas de mejora continua como Kaizen, plan excelencia, etc. Para implementar una cultura de mejora continua.
- Promover un ambiente de seguridad en las labores diarias para garantizar la protección de la gente, las instalaciones y el medio ambiente en los procesos a su cargo.
- Comunicar efectivamente al personal de producción y a toda la organización sobre el desempeño de sus procesos de fabricación en cuanto a calidad, productividad de nuevos desarrollos, oportunidad seguridad y costo.

⁵ Las funciones detalladas que ésta área ejecuta fueron obtenidas de documentos internos de la empresa.

- Coordinar junto con los Coordinadores de Ingeniería, Procesos y Mantenimiento la mejora continua de los equipos, dispositivos y herramientas de producción.
 - Optimizar el uso de los recursos físicos y humanos de producción en las celdas de trabajo para garantizar la mayor eficiencia en los procesos y reducir los costos de fabricación.
 - Coordinar junto con el área de SGC las necesidades de entrenamiento del personal de producción para garantizar su desarrollo individual acorde con las necesidades de los procesos de fabricación a su cargo.
 - Coordinar junto con las áreas de Ingeniería y Procesos la programación de prototipos y muestras de nuevos productos y hacer seguimiento a las mejoras durante el proceso de desarrollo hasta la aprobación final e inicio de producción regular.
 - Programar con el personal de producción los requerimientos de materiales para la producción de acuerdo a las necesidades de los clientes.
 - Mantener los indicadores de gestión y de resultado de su área, darlos a conocer en la reunión de operaciones, así como también los proyectos de mejora.
- ***Procesos y aseguramiento de la calidad***

Esta área está encargada de coordinar, controlar, planear y supervisar los procesos de control, además del aseguramiento del proceso productivo y el proceso de fabricación de nuevos productos de acuerdo a los requerimientos y especificaciones dimensionales, metalográficos, físico-químicas y de operatividad exigidos por los clientes y la empresa, con el propósito de garantizar que el producto terminado cumpla con los requerimientos de calidad.
 - ***Mantenimiento***

Su principal responsabilidad es la de planear, controlar y garantizar el cumplimiento de los programas de mantenimiento planeado (inspección,

lubricación y preventivo) para maximizar la eficiencia de los equipos y garantizar el funcionamiento de la maquinaria.

- **Sistema de gestión de la calidad**

Como su nombre lo indica, es el área que se dedica a diseñar, implementar y mantener el sistema de gestión de calidad de la organización para cumplir con los objetivos de calidad establecidos y con los requerimientos de los clientes y las demás partes interesadas.

2.7 PRODUCTOS FABRICADOS

A continuación se muestra una breve descripción de cada una de las familias de producto, cada una de las cuales agrupan varias referencias de alta similitud.

2.7.1 Sector automotriz.

Figura 2. Productos fabricados para el sector automotriz

JUNTA FIJA	TULIPA	TRÍPODE
		
<p>Permite el movimiento angular con el fin de compensar cambios de ángulo violentos a través de una tracción suave, sin fluctuaciones.</p>	<p>Permite compensar los cambios de ángulos y las variaciones de los ejes causados por los diferentes movimientos de suspensión</p>	<p>Permite transmitir el movimiento a las ruedas sin importar que estas cambien de posición.</p>

Figura 2. (Continuación)

CUBO RUEDA	ESPIGO	YUGO
		
<p>Permite transmitir el torque de la junta fija homocinética hacia las ruedas del vehículo, dando así movimiento al mismo.</p>	<p>Permite la interconexión de los cardanes dobles.</p>	<p>Permite transmitir potencia del motor al eje diferencial.</p>
CARCAZA	BRIDA	TUBO
		
<p>Permite flexibilidad en movimientos angulares y axiales presentes en los sistemas de suspensión delanteros.</p>	<p>Es usada en un extremo del eje diferencial y permite el acople entre el eje y la llanta.</p>	<p>Está conformada por la brida troquelada y un tubing forjado.</p>

Fuente: Los autores

2.7.2 Sector petrolero.

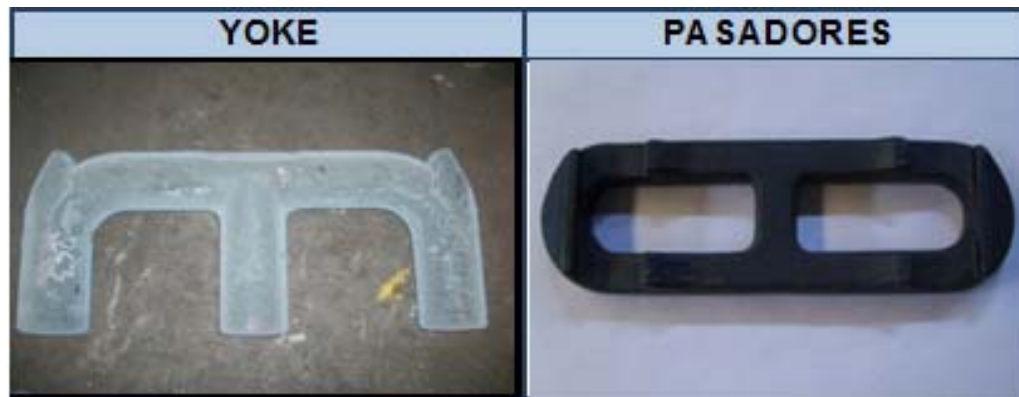
Figura 3. Productos fabricados para el sector petrolero



Fuente: Los autores

2.7.3 Otros sectores.

Figura 4. Productos fabricados para otros sectores



Fuente: Los autores

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO PRODUCTIVO

Durante la fabricación de los productos, la materia prima debe ser sometida a varios procesos de diferente índole según las necesidades y especificaciones que varían de una referencia a otra. Cabe mencionar aquí, para no ser reiterativo en las secciones subsiguientes, que al final de la mayoría de los procesos que se mencionan a continuación, se realiza una inspección a las características críticas dimensionales y/o de dureza de las piezas con una determinada frecuencia, según las indicaciones de la inspección por muestreo que aparece en los planes de control de producción de cada referencia⁶.

3.1 OPERACIONES

A continuación se presenta una descripción a grandes rasgos de las principales operaciones que se realizan durante el proceso productivo. El orden en que se muestran no obedece a la secuencia que deben seguir todas las referencias, ya que el proceso de fabricación de un determinado producto puede omitir alguno de los procesos que si pueden estar incluidos en la fabricación de otro.

3.1.1 Recepción de materia prima. Inicialmente, se realiza la recepción física de materia prima, que llega a la empresa en lotes de 60 tubos o palanquillas (dependiendo de la aplicación) cuya longitud aproximada es de 6 m. En seguida se lleva a cabo el conteo del material y su ubicación en silos que están identificados con una ficha técnica que especifica aspectos útiles para su trazabilidad (proveedor, cantidad, colada, fecha, cliente y número de parte).

⁶ Conjunto de documentos internos que definen a plenitud las especificaciones procedimentales de cada uno de los procesos de la organización, sirviendo como guía única para el responsable o encargado del mismo.

Finalmente se verifica el estado del material mediante una inspección de recibo, para así poder ser entregado a producción. Esta inspección consiste en cortar una probeta de la palanquilla de cada colada (debido a la homogeneidad del lote), la cual se envía a TRANSEJES para que se le realice un análisis de metalografía (en donde se examina su microestructura, tamaño de grano, contenido de inclusiones y dureza).

3.1.2 Corte. Una vez el material ha sido solicitado por producción mediante la liberación de una secuencia⁷ que define la cantidad de piezas a producir por número de parte (NP), se traslada a la sección de corte con ayuda de un puente grúa. Posteriormente se corta cada palanquilla en “tochos”⁸, que luego se ubican en cajas metálicas y son llevados hacia la zona de almacenamiento de corte con la ayuda de un puente grúa para transportarlos a donde finalmente se identifican como producto en proceso.

3.1.3 Forja. La caja se traslada hasta la celda correspondiente según su aplicación, y se procede a cargar el horno con un lote conformado por 40 piezas en promedio, el cual se deja calentar durante 30 minutos aproximadamente a una temperatura entre 1.100°C y 1.300°C. Una vez las piezas están listas, un operario saca el tocho del horno, y otro, con la ayuda de unas tenazas, lo recoge y lo ubica en la máquina forjadora (recalcadora, prensa o martillo mecánico), en donde se somete a esfuerzos violentos de compresión repetidos, para que se adapte a la forma deseada que le imprime una matriz. Inmediatamente después de ésta operación, dicha pieza es retirada de la máquina y ubicada en la desbarbadora.

⁷ Documento interno que define la programación de la producción de acuerdo a la demanda.

⁸ Término empleado para denominar a las unidades de materia prima obtenidas del proceso de corte.

3.1.4 Desbarbado. En éste proceso, lo que se busca es eliminar la mayor cantidad de rebaba posible que queda como producto del proceso de forja. Para ello, se ubica la pieza en la desbarbadora, alineando el empujador y la cuchilla a la pieza, para que al momento de activar la máquina, sean cortados los excesos de material encontrados alrededor de la misma.

3.1.5 Esmerilado. Consiste en pulir la superficie de la pieza para eliminar los desperfectos menores productos de la rebaba que no pudo ser removida en el proceso de desbarbado.

3.1.6 Tratamientos térmicos. Con el fin de mejorar las propiedades mecánicas del acero, las piezas son sometidas a tratamientos térmicos. Dichas piezas son calentadas a una temperatura determinada para posteriormente enfriarlas a una velocidad controlada y de ésta forma, producir y conservar cambios en su estructura cristalina. A continuación se muestra una breve definición de las tres clases de tratamientos que se realizan en la planta.

- **Normalizado:** El normalizado se define como un calentamiento hasta una temperatura conveniente (por encima del rango de transformación), seguido de un cocido o permanencia a dicha temperatura, y concluyendo con un enfriamiento en el aire hasta una temperatura suficientemente por debajo del rango de transformación. Tiene por objeto dejar un material en estado normal, es decir, ausencia de tensiones internas y con una distribución uniforme del carbono. Se suele emplear como tratamiento previo al temple y al revenido.⁹

⁹ GRINBERG, Dora María K. Tratamientos térmicos de aceros y sus prácticas de laboratorio. México D.F.: LIMUSA; 1986. p. 62.

- **Temple:** El temple de los aceros es el enfriamiento rápido a partir de la temperatura de austenitización. Usualmente esto se realiza por inmersión de la pieza en el agua o aceite y, a veces, se usa aire forzado. Su finalidad es aumentar la dureza y la resistencia del acero.¹⁰
- **Revenido:** El revenido de los aceros incluye el calentamiento de un acero previamente endurecido o normalizado, hasta una temperatura por debajo del rango de transformación, la permanencia de esta temperatura y el enfriamiento posterior a una velocidad conveniente. El revenido consigue disminuir la dureza y resistencia de los aceros templados, se eliminan las tensiones creadas en el temple y se mejora la tenacidad, dejando al acero con la dureza o resistencia deseada.¹¹

3.1.7 Limpieza. Debido a que la pieza fue expuesta a altas temperaturas, se forma una especie de óxido en el exterior (denominado cascarilla) que debe ser retirado, ya que además de afectar la presentación estética del producto; pueden generarse defectos en el proceso de mecanizado e inclusive averiar algunas máquinas debido a la viruta inusual que se desprende. Para ello se usa una granalladora, que cuenta con una cámara en la que se introducen las piezas para que estas sean golpeadas con pequeños balines a alta velocidad y de ésta manera obtener una superficie libre de residuos metálicos indeseados y darle brillo y una presentación más atractiva.

¹⁰ Ibid., p. 83.

¹¹ Ibid., p. 101.

3.1.8 Inspección por Magnaflux¹². Este proceso consiste en detectar fácilmente discontinuidades superficiales (como grietas y pliegues) que aparecen cuando unas partículas externas son atraídas hacia campos de dispersión magnética, los cuales se producen en aquellos lugares donde exista una fisura.

Mientras el campo magnético es activado, se aplican partículas fluorescentes en forma de polvo seco o en suspensión en un baño líquido (Magnaglo) sobre la pieza objeto de la inspección. Estas partículas forman inmediatamente indicaciones de fisuras a medida que son arrastradas hacia los campos de dispersión magnética que se producen en la superficie de la pieza y pueden ser observadas bajo una luz negra.


3.1.9 Calibrado. Es un proceso de conformado en frío que consiste en golpear la pieza tantas veces como sea necesario, para lograr allanar una superficie que presenta una pequeña irregularidad pero que debe ser totalmente plana.

3.1.10 Inspección final y despacho. A todos los lotes de producto terminado se les realiza una inspección por muestreo AOQL¹³. Según lo estipulado por la empresa, el muestreo se lleva a cabo según los parámetros de la columna F, que corresponde a características de prioridad menor (10%). Finalmente las piezas son depositadas en cajas metálicas y son ubicadas en la zona de almacenamiento de producto terminado, en donde quedan listas en espera de ser enviadas a los clientes.

¹² Marca registrada de la empresa Magnaflux [Sitio en internet]. Disponible en: <http://www.magnaflux.com/magnaglo.stm>. Acceso el 28 de mayo de 2008.

¹³ Average Outgoing Quality Limit: Límite de Calidad de Salida Media. Representa la peor calidad media que puede obtenerse de los lotes a la salida de la actividad de inspección, en un programa de muestreo de aceptación por atributos con rectificación.

Tabla 1. Inspección por muestreo AOQL

 TABLA DE INSPECCION POR MUESTREO 											
CUALQUIER CARACTERISTICA FUERA DE ESPECIFICACIONES EN UNA PARTE RECHAZA EL LOTE											
A 0,25% AOQL * CRITICO		B 0,50% AOQL * MAYOR		C 1% AOQL * MENOR		D 2,5% AOQL * MENOR		E 5,0% AOQL * MENOR		F 10,0% AOQL * MENOR	
TAMAÑO LOTE	TAMAÑO MUESTRA	TAMAÑO LOTE	TAMAÑO MUESTRA	TAMAÑO LOTE	TAMAÑO MUESTRA	TAMAÑO LOTE	TAMAÑO MUESTRA	TAMAÑO LOTE	TAMAÑO MUESTRA	TAMAÑO LOTE	TAMAÑO MUESTRA
1-50	TODOS	1-50	TODOS	1-25	TODOS	1-10	TODOS	1-5	TODOS	1-3	TODOS
51-100	TODOS	51-100	42	26-50	22	11-50	11	6-50	6	4-50	3
101-200	85	101-200	55	51-100	27	51-100	13	51-500	7	51-500	4
201-300	100	201-300	60	101-200	32	101-500	14	501-750	16	501-750	8
301-400	110	301-400	60	201-300	33	501-750	22	751-1500	27	751-1500	14
401-500	115	401-500	65	301-400	34	751-1500	36	1501-5000	36	1501-5000	27
501-10000	145	501-10000	75	401-500	35	1501-5000	42	5001-10000	42	5001-10000	36
				501-2000	36	5001-10000	55				
				2001-5000	42						
				5001-10000	55						

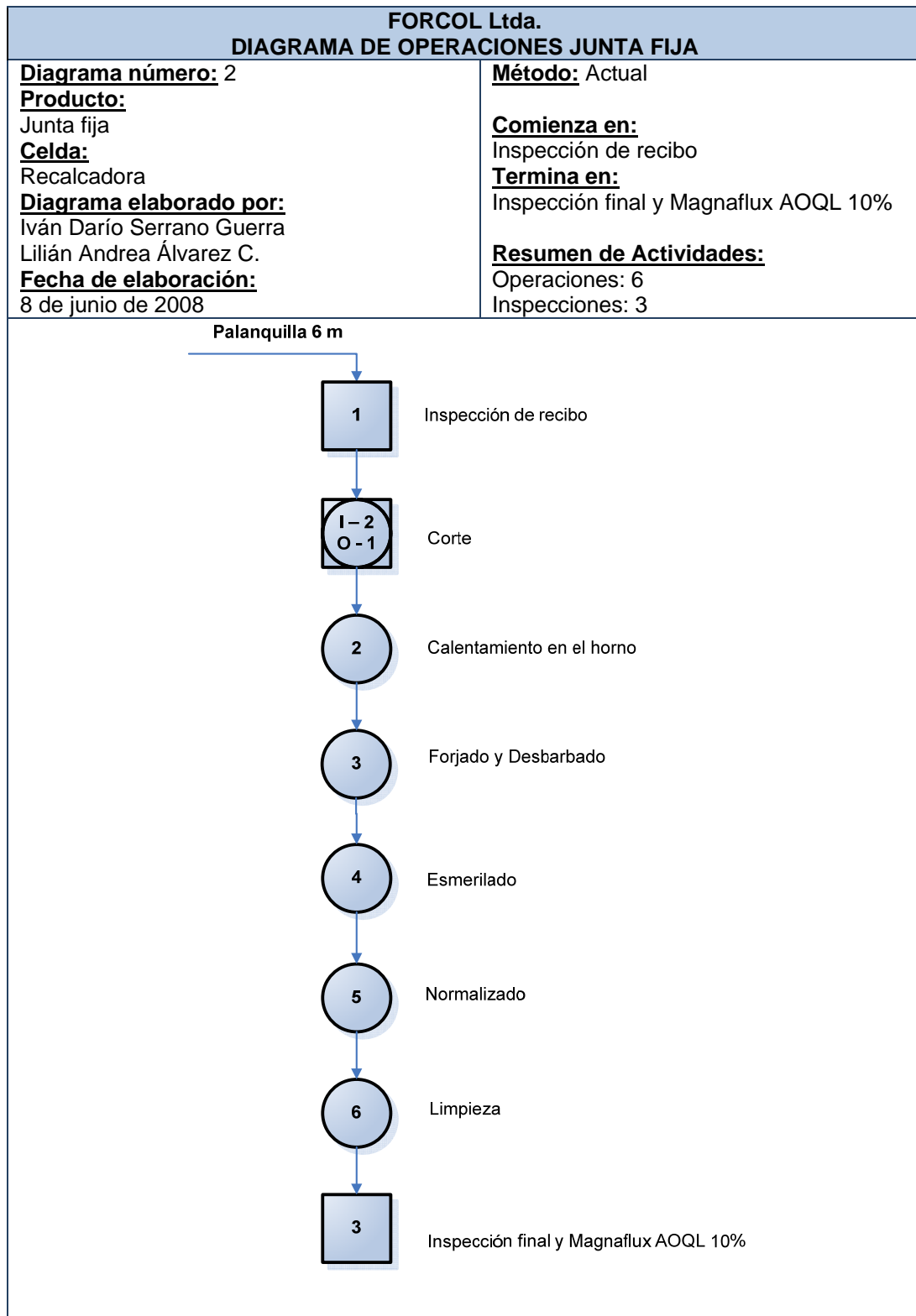
PARA TAMAÑOS DE LOTE DE 10000 USE EL TAMAÑO MUESTRA MAS GRANDE MOSTRADO PARA UNA APROPIADA DESIGNACION DE AOQL

Fuente: Documentación FORCOL Ltda.

3.2 PROCESO DETALLADO POR PRODUCTO

En la empresa se fabrica una amplia gama de productos, en donde cada uno de ellos cuenta con una serie de especificaciones particulares que justificarían una eventual distribución de planta por proceso. Sin embargo, existen varios de estos productos que pueden agruparse en familias debido a que su fabricación implica un proceso casi idéntico (simplemente hay que cambiar la matriz con la que se fabrican, por ejemplo), lo cual justificaría una distribución por producto. Dadas estas circunstancias, en la empresa se optó por satisfacer estos dos requerimientos valiéndose de las posibilidades que ofrece la Tecnología de Grupos. Por esta razón, las máquinas se encuentran organizadas para desarrollar los procesos básicos en áreas separadas llamadas celdas, que incluyen pequeñas líneas de fabricación del proceso global. En la Figura 5 se muestra el diagrama de operaciones para la junta fija y los demás se muestran en el Anexo A.

Figura 5. Diagrama de operaciones Junta Fija



Fuente: Los autores

3.3 TECNOLOGÍA Y MAQUINARIA

La empresa cuenta con un programa de mantenimiento preventivo que presupuesta la frecuencia y la inversión (tiempo y dinero) anual para toda la maquinaria y los equipos empleados en la fabricación de sus productos, teniendo en cuenta el nivel de producción que se desea alcanzar, ya que éste influirá directamente en la utilización de los recursos. La siguiente tabla presenta un resumen de los equipos utilizados por la empresa para la producción.

Tabla 2. Maquinaria y equipos por proceso de FORCOL Ltda.

UBICACIÓN	MÁQUINA	CÓDIGO
Corte	Sierra de corte Cosen	Cosen
	Sierra de corte Doall	Doall
Martillo 1250	Horno de precalentamiento 1250	MHF09
	Martillo de sobrepresión 1250	MMR02
	Prensa de desbarbado Galdabini	Galdabini
Martillo 3600	Horno de precalentamiento 6300	MHF02
	Martillo de sobrepresión 6300	MMR04
	Prensa de desbarbado 6300	MPU
	Prensa de 400 Ton	MPR02
Recalcadora	Horno de precalentamiento de Recalcadora	MHF06
	Recalcadora	MMP01
	Prensa desbarbadora Recalcadora	MPE01
Tratamiento térmico	Horno de temple y normalizado	MHP02
	Horno de revenido	MHP03
Inspección	Limpiadora Gutman	MLP01
	Magnaflux	MQG02
Matricería	Fresadora Cincinnati	MFC 05
	rectificadora plana	MRA 03
	Afiladora de sierras	MRA 08
	Torno paralelo	MTQ 02
	Rectificadora de interiores	MRC 04
	Taladro radial	MBR 01
	Torno paralelo tubos	MTP 02

Fuente: Información FORCOL Ltda.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 HERRAMIENTAS FUNDAMENTALES DEL CONTROL DE CALIDAD

La característica que predomina en estas herramientas, es que la gran mayoría son visuales, ya que tienen forma de gráficos o diagramas. En ocasiones se agrupan solamente siete de las herramientas y se les llama Las Siete Herramientas del Control de Calidad, en memoria de las famosas siete herramientas del guerrero- sacerdote de la era Kamakura, Bankei, que le permitieron triunfar en las batallas. Se estima que si estas herramientas se utilizan habitualmente, permitirán que se resuelva hasta un 95% de los problemas de una empresa. Por los métodos estadísticos más avanzados restantes (como el diseño de experimentos, ensayos sensoriales, análisis multivariados, investigación de operaciones, entre otras) se necesitarán solamente para resolver un 5% de los casos¹⁴. Algunas de las herramientas más utilizadas para el control de la calidad son:

4.1.1 Diagrama de Causa–Efecto. A este diagrama se le conoce también como diagrama de espina de pescado. Ilustra la relación entre las características (los resultados de un proceso) y aquellas causas que, por razones técnicas, se considere que ejercen un efecto sobre el proceso. Dicho efecto es la característica de la calidad que es necesario mejorar. Las causas por lo general se dividen en las causas principales de métodos de trabajo, materiales, mediciones, personal y entorno y algunas veces la administración y el mantenimiento. A su vez, cada causa principal se subdivide en causas menores. Por ejemplo, bajo el rubro de métodos de trabajo podrían incorporarse la capacitación, el conocimiento, la habilidad, las características físicas, entre otros.

¹⁴ Calidad – SPC [artículo en Internet]. <<http://www.monografias.com/trabajos28/calidad-spc/calidad-spc.shtml>> [Consulta: mayo 30 de 2008].

El uso de este diagrama facilita en forma notables el entendimiento y comprensión del proceso y a su vez elimina la dificultad del control de calidad en el mismo, aun en caso de relaciones demasiado complicadas.

4.1.2 Diagrama Pareto. El Diagrama de Pareto es una gráfica en donde se organizan diversas clasificaciones de datos en orden descendente, de izquierda a derecha por medio de barras sencillas después de haber reunido los datos para calificar las causas de modo que se pueda asignar un orden de prioridades. Mediante el Diagrama de Pareto se pueden detectar los problemas que tienen más relevancia mediante la aplicación del principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales) que dice que hay muchos problemas sin importancia frente a solo unos graves, ya que por lo general, el 80% de los resultados totales se originan en el 20% de los elementos. La minoría vital aparece a la izquierda de la grafica y la mayoría útil a la derecha. La escala vertical es para el costo en unidades monetarias, frecuencia o porcentaje.

4.1.3 Diagrama de dispersión. Un diagrama de dispersión es la forma más sencilla de definir si existe o no similaridad en los patrones de comportamiento de dos variables, y si esta relación es significativa o no. Este diagrama es de gran utilidad para la solución de problemas de la calidad de un proceso, ya que permite comprobar qué causas (factores) están influyendo o perturbando la dispersión de una característica de calidad o variable del proceso a controlar.

4.1.4 Histograma. El histograma es la presentación gráfica de los datos en forma ordenada con el fin de determinar la frecuencia con que se repiten cada uno de los resultados cuando se realizan mediciones sucesivas.

Adicionalmente, muestra gráficamente la capacidad de un proceso, y si así se desea, la relación que guarda tal proceso con las especificaciones y las normas.

También da una idea de la magnitud de la población y muestra las discontinuidades que se producen en los datos.

4.1.5 Hojas de verificación o comprobación. Es un formato especial constituido para recolectar datos fácilmente, en la que todos los artículos o factores necesarios son previamente establecidos y en la que los registros de pruebas, resultados de inspección o resultados de operaciones son fácilmente descritos con marcas utilizadas para verificar. Para el propósito particular del control de procesos por medio de métodos estadísticos, es necesaria la correcta obtención de datos. Además de la necesidad de establecer relaciones entre causas y efectos dentro de un proceso de producción, con propósito de realizar un control de calidad efectivo, las Hojas de Verificación se usan para:

- Verificar o examinar productos defectuosos.
- Examinar o analizar la localización de defectos.
- Verificar las causas de los productos defectuosos.
- Verificación y análisis de operaciones.

4.1.6 Estratificación. Es un método que permite hallar el origen de un problema estudiando por separado cada uno de los componentes de un conjunto. Es la aplicación a esta técnica del principio romano "divide y vencerás" y del principio de administración que dice: "Un gran problema no es nunca un problema único, sino la suma de varios pequeños problemas". A veces, al analizar por separado las partes del problema, se observa que la causa u origen está en un problema pequeño. En la estratificación se clasifican los datos tales como defectuosos, causas, fenómenos, tipos de defectos (críticos, mayores, menores), en una serie de grupos con características similares con el propósito de comprender mejor la situación y encontrar la causa mayor más fácilmente, y así analizarla y confirmar su efecto sobre las características de calidad a mejorar o problema a resolver.

4.1.7 Gráfico de control. La gráfica de control o también llamada carta de control es una herramienta estadística que detecta la variabilidad, consistencia, control y mejora de un proceso. Se usa como una forma de observar, detectar y prevenir el comportamiento del proceso a través de sus pasos vitales. Hay básicamente dos tipos de cartas de control¹⁵:

- **Cartas de control por variables:** se usan cuando los datos derivados del proceso son de naturaleza continua (diámetro, longitud). Estas cartas pueden explicar los datos del proceso en términos tanto de su dispersión (variabilidad pieza a pieza) como de su localización (media del proceso), por lo que siempre se analizan en pares: una carta para la media del proceso y otra para su variación. El par comúnmente más usado es el de cartas \bar{x} y R , donde \bar{x} es el promedio aritmético de valores en subgrupos, y R es el rango de valores dentro de cada subgrupo (la diferencia entre el máximo y el mínimo), una medida de variación del proceso. Sin embargo, existen otras cartas de control que pueden ser más útiles bajo ciertas circunstancias, tales como las cartas $\bar{x} - s$ (media y desviación estándar), $\tilde{x} - R$ (mediana y rango) y $x - MR$ (valor individual y rango móvil).
- **Cartas de control por atributos:** Usadas si los datos derivados del proceso tienen valores discretos. Los datos por atributos se pueden contar para análisis y registro. (conforme/no-conforme, pasa/no-pasa, pasa/falla, presente/ausente, bajo/medio/alto). Las más usadas son las cartas p (proporción no conformes) y las np (número de no conformes).

¹⁵CHRYSLER CORPORATION, FORD MOTOR COMPANY, GENERAL MOTORS CORPORATION. Control Chart For Variables. En: Statistical Process Control (SPC): Reference manual. United States Of America: Automotive Industry Action Group (A.I.A.G.); 1995. p. 27-49.

Las fórmulas y constantes para las diferentes cartas de control por variables y atributos a las que se haga referencia de aquí en adelante se presentan en el Anexo B.

Para que las cartas de control sean efectivas se debe: crear un plan de muestreo, establecer los límites de control¹⁶ e interpretar el control estadístico. El plan de muestreo es el siguiente¹⁷:

- **Tamaño de subgrupos:** El tipo de proceso bajo investigación dicta como se define el tamaño del subgrupo. Un tamaño de subgrupo grande hace más fácil detectar pequeños cambios del proceso. El equipo responsable tiene que determinar el tamaño apropiado del subgrupo. Si el cambio esperado es relativamente pequeño, entonces un tamaño de subgrupo más grande podría ser necesario comparado con el requerido si el cambio anticipado es grande.
- **Frecuencia de subgrupos:** Los subgrupos son tomados secuencialmente en el tiempo para detectar cambios en el proceso y así poder reflejar las oportunidades potenciales de cambio. Las causas potenciales de cambio pueden ser debidas a diferencias en los turnos de trabajo, cambio de operarios, tendencias al calentamiento, lotes de material, entre otros.
- **Número de subgrupos:** El número de subgrupos necesario para establecer los límites de control deberá satisfacer el siguiente criterio: suficientes subgrupos deben ser reunidos para asegurar que las fuentes mayores de variación que puedan afectar el proceso hayan tenido la oportunidad de aparecer. Generalmente, 25 o más subgrupos conteniendo cerca de 100 o más lecturas individuales dan un buen test de estabilidad y, si es estable, buenos estimativos

¹⁶ De aquí en adelante, el límite de control inferior será llamado *LCI* y el superior *LCS*.

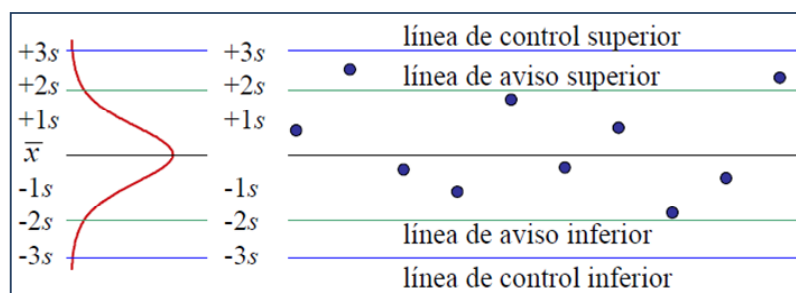
¹⁷ CHRYSLER CORPORATION, FORD MOTOR COMPANY, GENERAL MOTORS CORPORATION, Op.cit., p. 31.

de la localización y dispersión del proceso. Este número de subgrupos asegura que el efecto de cualquier valor extremo en el rango de la desviación estándar sea minimizado.

- **Esquema de muestreo:** Si las causas especiales que afectan el proceso pueden suceder impredeciblemente, el esquema apropiado es una muestra aleatoria (o de probabilidad). Una muestra aleatoria es una en la cual cada punto de muestra (subgrupo racional) tiene la misma oportunidad (probabilidad) de ser seleccionada. Una muestra aleatoria es sistemática y planificada; esto es, todo punto de muestra es determinado antes que cualquier dato sea recolectado.

Los límites de control son definidos por la variación del control estadístico. En esta etapa se obtienen los resultados iniciales con la muestra de control. Cuando se usa una muestra real, se debería comprobar la normalidad y la presencia de resultados discrepantes y su eliminación. Con los resultados iniciales se establece el valor de la línea central o media. Los diferentes límites suelen establecerse a una distancia del valor central $\pm 2s$ (línea de aviso), y a una distancia del valor central $\pm 3s$ (línea de control)¹⁸. Estas líneas pueden observarse en la Figura 6.

Figura 6. Líneas de aviso y control en un gráfico de control (parte derecha)



Fuente: Gráfico de control de Shewhart (en línea)

¹⁸ RIU, Jordi. Gráficos De Control De Shewhart. En: Universitat Rovira i Virgili [artículo en Internet]. Disponible en: http://www.quimica.urv.es/quimio/general/grafics_de_control.pdf.

Por último está la interpretación del control estadístico. Si el proceso no tiene causas especiales que afecten su variabilidad, entonces el control estadístico caerá dentro de los límites de control en un modelo aleatorio. Las causas especiales pueden afectar ya sea la localización del proceso (Ej., promedio, mediana) o la variación (Ej., rango, desviación estándar), o juntos. El objetivo del análisis de las cartas de control, es identificar cualquier evidencia de que la variabilidad o la localización del proceso no están operando a un nivel de control constante - una o juntas están fuera de control estadístico – y tomar las acciones apropiadas.

4.1.8 AMEF. El AMEF o Análisis Modal de Fallos y Efectos es un método dirigido a lograr el aseguramiento de la calidad, que mediante el análisis sistemático, contribuye a identificar y prevenir los modos de fallo, tanto de un producto como de un proceso, evaluando su gravedad, ocurrencia y detección, mediante los cuales, se calculará el número de prioridad de riesgo, para priorizar las causas, sobre las cuales habrá que actuar para evitar que se presenten dichos modos de fallo¹⁹. El avance actual del AMEF ha venido del sector automotriz ya que los AMEF son requeridos para todos los Diseños y Procesos a fin de asegurar la prevención de problemas. Integrado dentro del APQP²⁰, el AMEF en los formatos de Diseño y Proceso provee la principal herramienta para mitigar el riesgo dentro de la estrategia de prevención.

¹⁹ LIBRERÍA HOR DAGO. AMEF: Análisis Modal de Fallos y Efectos. En: Zanitek [en línea]. <http://www.zainetek.net/ebizkaia/servlet/EbizkaiaServlet?P=mDOCdir=1&nombre=B11_1.pdf&L=1>

²⁰ APQP (Planeación Avanzada de la Calidad del Producto).

Los objetivos principales que se pretenden alcanzar al realizar un AMEF son:

- Satisfacer al cliente.
- Incluir en las empresas la filosofía de la prevención.
- Identificar los modos de fallo que tienen consecuencias importantes respecto a diferentes criterios: disponibilidad, seguridad, entre otros.
- Precisar para cada modo de fallo los medios y procedimientos de detección
- Adoptar acciones correctoras y/o preventivas, de forma que se supriman las causas de fallo del producto, en diseño o proceso
- Valorar la eficacia de las acciones tomadas y ayudar a documentar el proceso

Un AMEF se debe llevar a cabo cuando se diseñen nuevos procesos o diseños; cuando cambien procesos o diseños actuales sea cual fuere la razón; cuando se encuentren nuevas aplicaciones y cuando se busquen mejoras de dichos procesos y diseños. Dentro del proceso de diseño de un producto, el AMEF es de aplicación durante las fases de diseño conceptual, desarrollo y proceso de producción. En estas fase el AMEF se complementa con otras herramientas de ingeniería de calidad como, benchmarking, estudio de quejas y reclamaciones, fiabilidad y control estadístico de proceso y como regla general los archivos del AMEF habrán de conservarse durante el ciclo completo de vida del producto (AMEF de diseño) o mientras el proceso se siga utilizando (AMEF de proceso).

Se pueden distinguir dos tipos de AMEF según en el marco de la gestión del proceso donde se inscriba.

- **AMEF de diseño:** Consiste en el análisis preventivo de los diseños, buscando anticiparse a los problemas y necesidades de los mismos. Este AMEF es el paso previo lógico al de proceso porque se tiende a mejorar el diseño, para evitar el fallo posterior en producción. El objeto de estudio de un AMEF de diseño es el producto y todo lo relacionado con su definición. Se analiza por

tanto la elección de los materiales, su configuración física, las dimensiones, los tipos de tratamiento a aplicar y los posibles problemas de realización.

- **AMEF de proceso:** Es el análisis de modos de falla potenciales de las diferentes etapas de un proceso de fabricación hasta la entrega al cliente, para asegurar su calidad de funcionamiento y, cómo estos influyen en la fiabilidad de las funciones del producto resultante exigidas por el cliente.

La terminología de cada una de las partes del método AMEF según el formato empleado por FORCOL se encuentra en el Anexo C.

4.2 CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO

4.2.1 Introducción. Existen innumerables fuentes de variación que afectan las salidas de un proceso, haciendo que no existan dos productos totalmente iguales, y que por el contrario, siempre sean diferentes (aunque la diferencia no sea medible). Algunas fuentes de variación del proceso causan diferencias pieza a pieza en el corto plazo (como el ajuste de la máquina), mientras que otras fuentes tienden a ocasionar cambios solamente en el largo plazo (como el desgaste de la herramienta)²¹.

Mientras que los valores individuales medidos pueden ser diferentes (haciendo que las piezas varíen entre una y otra), como un grupo, éstos tienden a formar un patrón que puede ser descrito como una distribución, la cual se caracteriza y difiere de otras distribuciones en tres propiedades:

²¹ CHRYSLER CORPORATION, FORD MOTOR COMPANY, GENERAL MOTORS CORPORATION. Op.cit., p. 9.

- Ubicación, posición, tendencia central o centramiento.
- Dispersión.
- Forma

Existen básicamente 2 fuentes de variación en los procesos:

- **Causas comunes:** Hacen referencia a muchas fuentes de variación dentro de un proceso que hacen que la variable objeto de estudio tenga una distribución estable y repetible a lo largo del tiempo. A esto se le llama proceso “bajo control”, pues sus salidas son predecibles. No es fácil identificarlas y aislarlas mediante técnicas estadísticas, sino que más bien las personas involucradas directamente con el proceso están en mejor posición de identificarlas y pasárselas a la administración para que actúe sobre ellas.
- **Causas especiales:** Se refieren a cualquier factor causante de variación que no siempre está presente en el proceso, a diferencia de las causas comunes. Es decir, que cuando ocurren hacen que la distribución del proceso cambie, por lo que continuarán afectando las salidas del proceso de manera impredecible (haciéndolo inestable en el tiempo), a menos que sean identificadas con claridad y se actúe sobre ellas.

Existen básicamente 2 tipos de acciones conducentes a atacar los problemas encontrados, según sean consecuencia de causas especiales o causas comunes:

Las acciones locales:

- Son usualmente requeridas para eliminar causas especiales de variación.
- Usualmente pueden ser realizadas por personas cercanas al proceso (operarios).
- Por lo general pueden corregir alrededor del 15% de los problemas del proceso.

Y las acciones en el sistema:

- Son usualmente requeridas para reducir la variación debida a causas comunes.
- Casi siempre requieren de la acción de la administración para su corrección.
- Por lo general se necesitan para corregir alrededor del 85% de los problemas del proceso.

4.2.2 Control del proceso y capacidad del proceso. Se dice que un proceso se encuentra estadísticamente bajo control cuando solamente se presentan fuentes de variación debido a causas comunes. Una de las funciones de los sistemas de control de procesos es, pues, proporcionar una señal estadística cuando hay causas especiales de variación presentes (así como evitar dar falsas señales cuando estas no estén presentes), de tal forma que sea posible actuar de manera oportuna sobre ellas, bien sea para eliminarlas, o si son benéficas, para hacerlas permanentes.

La capacidad del proceso está determinada por la variación debida a causas comunes. Dicha capacidad por lo general representa el mejor desempeño, es decir, la mínima dispersión del proceso. Sin embargo, los clientes (tanto internos como externos) por lo general están más preocupados por cómo se relacionan sus requerimientos, definidos como especificaciones, con dicho desempeño sin importar la variación, la cual puede presentar los siguientes aspectos:

- **Variación inherente al proceso:** esa aquella debida solamente a causas comunes (sistemáticas).
- **Variación dentro de Subgrupos (δ_c):** es aquella debida solamente a la variación dentro de subgrupos. Si el proceso está en control estadístico esta

variación es un buen estimativo de la variación inherente al proceso. Ella puede ser estimada por las cartas de control por \bar{R}/d_2 o s/c_4 .

- **Variación entre subgrupos:** es aquella debida solamente a la variación entre subgrupos. Si el proceso está en control estadístico esta variación deberá ser cero.
- **Variación total del proceso (δ_p):** Esta incluye tanto la variación dentro de subgrupos como entre subgrupos. Por tanto, si el proceso no se encuentra bajo control estadístico, esta variación incluirá el efecto tanto de las causas especiales como de las causas comunes y puede ser estimada por s , la desviación estándar de la muestra, usando todas las lecturas individuales obtenidas de bien sea una carta de control detallada o un estudio preliminar:

$$\sigma_p = s = \sqrt{\frac{\sum_i^n (x_i - \hat{x})^2}{n-1}},$$

Donde x_i es una lectura individual, \hat{x} es el promedio de las lecturas individuales, y n el número total de lecturas individuales.

- **Capacidad de proceso:** se refiere a la aptitud potencial o a corto plazo que tiene un proceso para generar un producto que cumpla con las especificaciones del cliente, por lo que se desea que el rango $6\hat{\sigma}$ de variación inherente del proceso (estimada por \bar{R}/d_2 o s/c_4) sea lo más pequeño posible en relación a la tolerancia de especificación. La capacidad indica cómo se comportaría el proceso si se consiguiera eliminar la variabilidad entre subgrupos

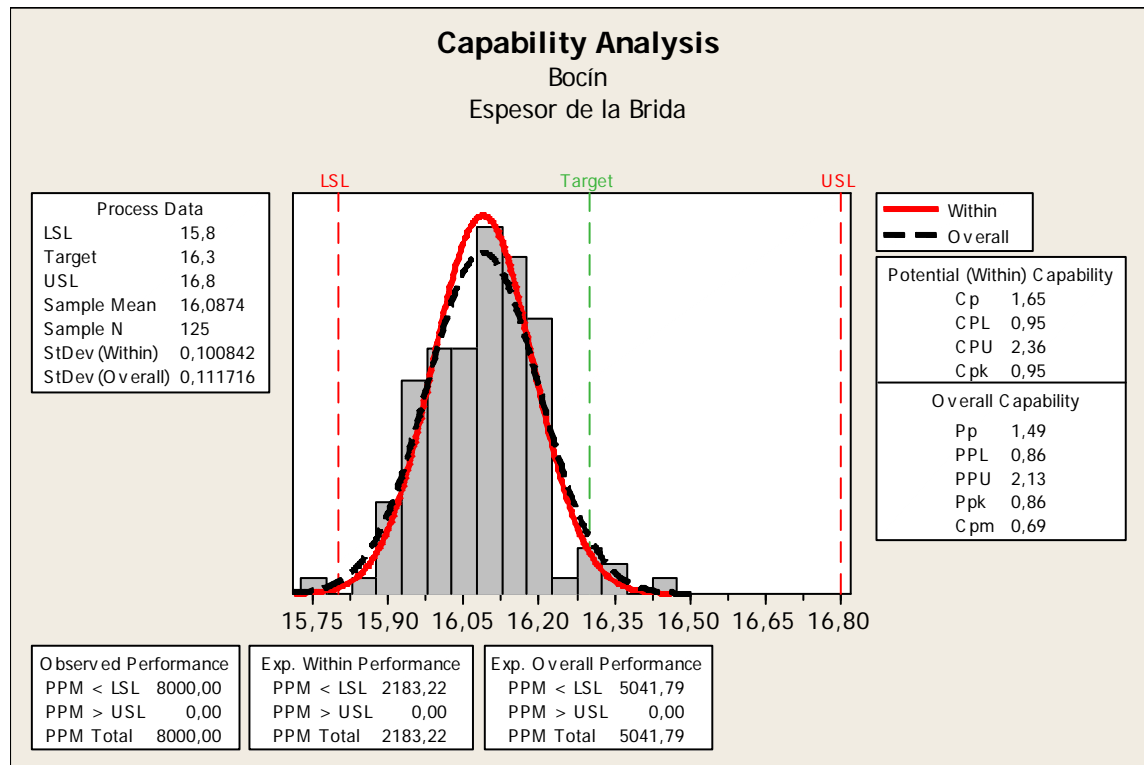
- **Desempeño del proceso:** se refiere a la aptitud global o a largo plazo que tiene un proceso para generar un producto que cumpla con las especificaciones del cliente, por lo que se desea que el rango $6\hat{\sigma}$ de variación inherente del proceso (estimada por s , la desviación estándar total del proceso) sea lo más pequeño posible en relación a la tolerancia de especificación.

En la Figura 7 se muestra un ejemplo del resultado de un análisis de capacidad de proceso elaborado empleando el paquete estadístico Minitab 15²². En él, se presenta un reporte estadístico basado en los conceptos que se tratarán a continuación. Allí se puede evidenciar, pues, que la salida de un proceso puede ser descrita gráficamente por un histograma elaborado a partir del conjunto de datos obtenidos de la medición de una determinada variable. Cabe anotar que previo a la elaboración de los cálculos, es indispensable que el conjunto de datos provenga de una población normal y que el proceso sea estable (bajo control estadístico), de tal forma que sea posible predecir los resultados futuros.

En relación a lo anterior, en la Figura 7 se incluye una descripción cuantitativa de la distribución normal, en términos de características (estadísticas) que son calculadas a partir de la muestra tomada del proceso. Las estadísticas de interés más frecuentes son los estimados de localización de la distribución (o centramiento) y la dispersión del mismo (variabilidad). Típicamente, la localización es estimada por la media de la muestra (\bar{x}) o la mediana de la muestra (\tilde{x}). La dispersión se estima usualmente usando el rango de la muestra (R) o la desviación estándar (s).

²² Minitab 15 es un software ampliamente utilizado en la industria para el análisis estadístico de datos requerido para el mejoramiento de la calidad y la aplicación del seis sigma.

Figura 7. Capacidad del proceso usando Minitab 15



Fuente: Minitab.

En el caso de la Figura 7, el centramiento del proceso y la dispersión interactúan para producir un producto casi aceptable. Sin embargo, un proceso con tal distribución no está calificado para cumplir las necesidades del cliente. Como la distribución se aleja del objetivo de especificación, el “espacio” disponible para acomodar la variación del proceso (dispersión) es reducido, por lo que un leve desplazamiento adicional en la localización del proceso, un pequeño incremento en la dispersión del proceso o una combinación de estos factores puede generar un incremento considerable de partes por fuera de los límites de especificación²³.

Este tipo de situaciones pueden ser cuantificadas claramente mediante los índices de capacidad de proceso comúnmente usados:

²³ De aquí en adelante, el límite de especificación superior será llamado *LSE* y el inferior *LIE*.

- C_p : Compara la capacidad del proceso con la variación máxima admisible como lo indica la tolerancia. Este índice no es impactado por la localización del proceso y suministra una medida del nivel de cumplimiento del proceso con los requerimientos de variabilidad. El C_p se calcula por:

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma_c} = \frac{LSE - LIE}{6\left(\frac{\bar{R}}{d_2}\right)}$$

- C_{pk} : Tiene en cuenta tanto la variación del proceso como su centramiento. Para tolerancias bilaterales C_{pk} siempre será menor o igual a C_p ($C_{pk} \leq C_p$). Cuando la relación sea de igualdad significará que el proceso está centrado. Un valor de C_p significativamente más grande que el correspondiente C_{pk} indica una oportunidad de mejoramiento en el centrando el proceso. El C_{pk} se calcula como el mínimo de CPU ó CPL donde:

$$CPU = \frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma_c} = \frac{LSE - \bar{X}}{3\left(\frac{\bar{R}}{d_2}\right)} \quad \text{y} \quad CPL = \frac{\bar{X} - LIE}{3\sigma_c} = \frac{\bar{X} - LIE}{3\left(\frac{\bar{R}}{d_2}\right)}$$

Los índices de desempeño de un proceso comúnmente usados son los siguientes:

- P_p : Compara el desempeño del proceso con la variación máxima admisible por la tolerancia de especificación. Este índice, al igual que el C_p , no se ve afectado por la localización del proceso y suministra una medida del grado de cumplimiento del proceso con respecto a los requerimientos de variabilidad. El P_p se calcula por:

$$P_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma_p} = \frac{LSE - LIE}{6s}$$

- P_{pk} : Tiene en cuenta tanto la localización del proceso como el desempeño. Para tolerancias bilaterales P_{pk} será siempre menor que o igual a P_p ($P_{pk} \leq P_p$). Cuando la relación sea de igualdad significará que el proceso está centrado. Un valor de P_p significativamente más grande que el correspondiente P_{pk} , indica una oportunidad de mejoramiento en el centrado del proceso. El P_{pk} se calcula como el mínimo de PPU ó PPL donde:

$$PPU = \frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma_p} = \frac{LSE - \bar{X}}{3s} \quad \text{y} \quad PPL = \frac{\bar{X} - LIE}{3\sigma_p} = \frac{\bar{X} - LIE}{3s}$$

En resumen, los índices de capacidad asociados con la variación a corto plazo son C_p , C_{pk} , CPU y CPL ; por otro lado, los asociados con la variación a largo plazo son P_p , P_{pk} , PPU y PPL . En la práctica se suele considerar que 1,33 es el valor mínimo aceptable para un índice de capacidad (es decir, cualquier valor por debajo de ésta cifra indicaría que, aunque esté bajo control estadístico, el proceso no cumple con las especificaciones deseadas).

Existe otro índice de capacidad llamado C_{pm} , o índice Taguchi. Éste se orienta a reducir la variabilidad y buscar el mayor grado de coincidencia entre la media del proceso (μ) y el valor objetivo o nominal especificado por el cliente (T), por lo tanto comparado con el C_{pm} , es un mejor indicador de centrado. El cálculo del índice se hace de la siguiente manera:

$$C_{pm} = \frac{LSE - LIE}{6\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}}$$

4.2.3 Importancia del sistema de control estadístico de procesos (CEP) para la organización. El CEP es una herramienta objetiva que ayuda en la toma de decisiones y facilita el proceso de constante mejora en una empresa, lo cual es una prioridad si una empresa desea triunfar en su negocio. Por lo tanto, y con el fin de buscar formas más eficientes de producir bienes y/o servicios, aparece la necesidad de controlar los procesos al interior de la empresa para que estos puedan alcanzar básicamente 3 objetivos:

- Mayor calidad
- Menor costo unitario
- Mayor capacidad efectiva

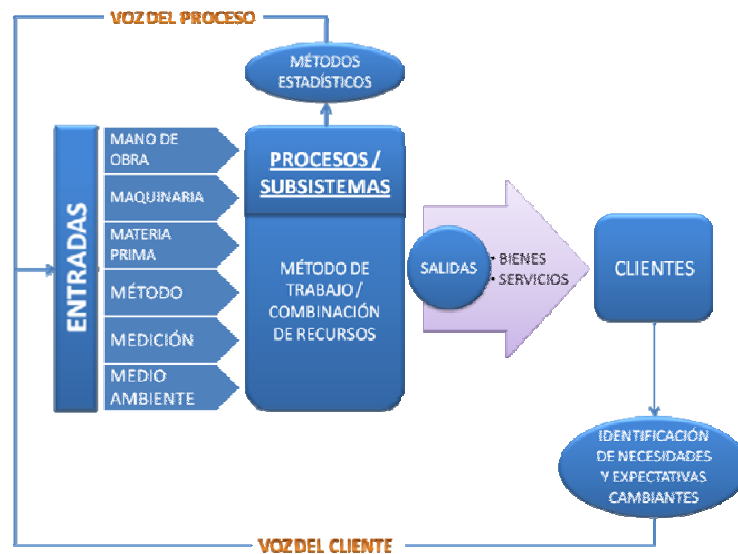
Pero esto no quiere decir que la empresa implemente o continúe con el tradicional control de calidad, que consiste en inspeccionar el producto final y sacar a relucir una gran cantidad de productos que no cumplen con las especificaciones, o cuando en situaciones administrativas el trabajo es frecuentemente verificado una y otra vez en un esfuerzo por encontrar errores. Ambos casos implican una estrategia de detección, es decir, de desperdicio, porque permitirá que las inversiones en tiempo, materiales, mano de obra, entre otras, se hagan en productos que no siempre serán entregados a los clientes.

Por lo tanto, la información más valiosa acerca del desempeño de un proceso proviene, de la comprensión del proceso en si mismo, mas no del estudio de las salidas del proceso, sin querer decir que estas últimas no nos permitan obtener información acerca del actual desempeño. En razón a esto, para medir la variabilidad interna del proceso, debemos enfocar nuestros esfuerzos en características del proceso tales como temperaturas, tiempos de ciclo, tasas de alimentación, ausentismo, rotación, o número de interrupciones.

De esta manera, y contrario a la estrategia de detección, es mucho más efectivo evitar el desperdicio de salidas no conformes empleando una estrategia de prevención, usualmente plasmada en *slogans* como “hágalo bien desde el principio”. Esta estrategia implica que todo el personal de la organización se comprometa a crear calidad, y que comprenda e interiorice a plenitud todos los elementos de un sistema de control estadístico de procesos, el cual les proporcionara una señal estadística cuando los procesos no estén bajo control, para que ellos puedan tomar acciones basadas en información clara y veraz, como lo es la que proviene de datos obtenidos estadísticamente, para evitar la generación de desperdicio, y así, poder predecir el desempeño futuro del proceso y, por ende, la capacidad que tiene de entregar a sus clientes productos acordes a sus requerimientos. En otras palabras, se trata de un lenguaje matemático con el cual los administradores y operadores pueden entender lo que las maquinas dicen, y utilizar esa información para beneficio de la empresa.

En la Figura 8 se presenta de manera grafica el rol de los métodos estadísticos de control de procesos dentro del sistema global de la empresa:

Figura 8. Rol de los métodos estadísticos de control de procesos dentro de la empresa



Fuente: Los autores

El CEP cuenta adicionalmente con otros 2 beneficios:

- Los gráficos de control proporcionan un lenguaje común para manejar información sobre el desempeño de un proceso. Esta comunicación puede ser entre 2 operarios del mismo proceso, entre la línea operativa (operarios y supervisores) y las actividades de soporte (mantenimiento, control de materiales, ingeniería de proceso, control de calidad), entre las diferentes celdas de la planta y entre la fabricación en planta y la actividad de diseño de producto.
- Los gráficos de control, mediante la distinción entre causas comunes y especiales de variación, dan un buen indicio de cuales de los problemas son más sensibles a la corrección mediante acciones locales o cuales requieren de la acción de la administración. Esto minimiza la confusión y el costo excesivo de realizar esfuerzos innecesarios con relación a la solución del problema.

4.3 SEIS SIGMA

Originalmente diseñado y utilizado por Motorola, el concepto Seis Sigma ha trascendido la empresa que le da origen, convirtiéndose en una nueva filosofía administrativa con amplia divulgación mundial, sobre la cual se han desarrollado elementos que van más allá de los que sus creadores originales pensaron (como los conceptos cinturón, verde, negro, entre otros). El Seis Sigma es un parámetro cuya base principal es la desviación estándar y su enfoque es reducir la variación y/o defectos en lo que se hace. El nombre se obtiene de la consideración de un proceso cuya variación es tan pequeña, que aún si se generan salidas que se encuentran a una distancia de 6 sigma por encima o por debajo de la media, éstas no sobrepasarán los límites de especificación, lo cual corresponde a procesos que

generan como máximo 3,4 partes por fuera de especificación en un millón de oportunidades²⁴.

Es una filosofía que busca obtener mejores resultados (bienes o servicios), por medio de procesos robustos que permitan reducir los defectos y los errores. Se podría considerar como una metodología (lógica y/o disciplinada) de pasos, por medio de herramientas probadas para la solución de problemas.

- **Por qué se necesita Seis Sigma:** El concepto Seis Sigma ayuda a conocer y comprender los procesos, de tal manera que puedan ser modificados al punto de reducir el desperdicio generado por ellos. Esto se verá reflejado en la reducción de los costos de operación, a la vez que permite asegurar que el precio de los productos o servicios sean competitivos, no mediante la reducción de ganancias, sino por la eliminación de los costos asociados con los errores que ocasionan el desperdicio.
- **Cuál es el enfoque de Seis Sigma como filosofía de calidad:** La filosofía Seis Sigma busca ofrecer mejores productos con un menor costo, mediante el control y la reducción de la variación de cualquier proceso, medida por la desviación estándar, una de las grandes enseñanzas de Deming que a muchos les ha costado entender. Deming agregaba: “el enemigo de todo proceso es la variación, por lo que es ahí en donde debemos concentrar el esfuerzo hacia de la mejora continua”, pero sobre todo porque “La variación es el enemigo de la satisfacción de nuestros clientes”²⁵.

²⁴ GRUPO KAIZEN S.A [Sitio en internet]. <<http://www.grupokaizen.com/mck/mck11.php>> Acceso el 30 de mayo 30 de 2008.

²⁵ Ibid.

- **El poder de seis sigma:** El concepto de Seis Sigma provee una medición común, así como objetivos comunes, a la vez que inculca una visión común y sobre todo promueve el trabajo en equipo. Por esta razón, muchas empresas utilizan el concepto de Seis Sigma para actividades de diferente índole, como establecer un parámetro de negociación durante los procesos de negociación Cliente – Proveedor Interno, o la reducción de defectos y costos mediante la mejora del tiempo de ciclo.

Adicionalmente, Seis Sigma combina objetivos agresivos con un método y un conjunto de herramientas que se aplican a través de todo el ciclo de vida del proceso o servicio, basada en una nueva filosofía de la calidad que predica que las pérdidas de calidad están basadas en la desviación del procesos con respecto a su meta u objetivo de acuerdo a los requerimientos o especificaciones, mientras que la filosofía antigua (basada en las ideas de Crosby) se basaba en sencillamente en cumplir con las especificaciones (límites) o requerimientos del cliente

A continuación se expone uno de los conceptos que más se aplica, es una serie de etapas conocidas por sus siglas DMAIC, con lo cual se busca establecer la fuente u origen de la variación. La D, significa Definir, la M es Medir, la A es Analizar, la I corresponde a la palabra en inglés *Improve*, que equivale a Mejorar y la C es Controlar. Podría considerarse como una modificación del Ciclo de Deming para la Mejora Continua de Planear, Hacer, Verificar y Actuar.

4.3.1 Definir. Consiste en realizar un diagnóstico, identificando cuáles son los elementos que participarán en el proceso, para lo cual se consideran diferentes criterios como los requisitos de los clientes, las variables resultantes del proceso que son de principal interés y los puntos críticos para la mejora.

Para llevar a término esta etapa de manera exitosa se recomienda emplear herramientas de calidad comunes como el diagrama Pareto, el análisis de criticidad, el análisis modal de fallas y efectos, entre otros.

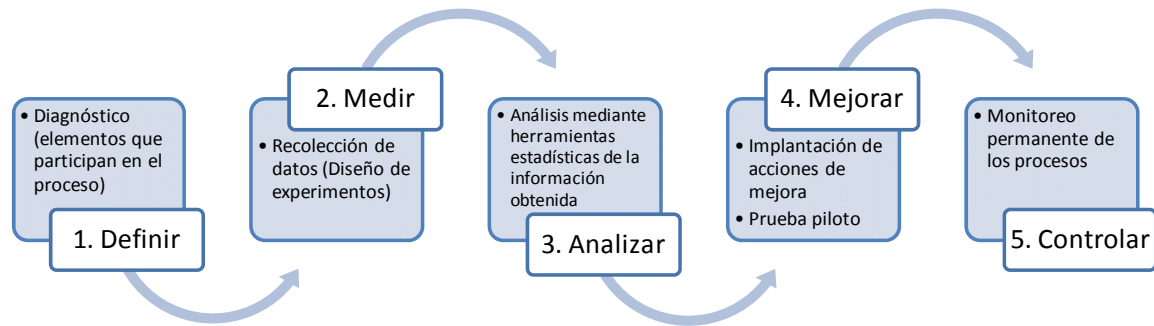
4.3.2 Medir. Se procede a preparar un plan de muestreo para la adecuada recolección de los datos relativos a las características críticas que influyen sobre las variables resultantes del proceso, para lo cual muy frecuentemente se recurre al diseño de experimentos. Esta fase permite obtener toda la información del proceso y el desarrollo de alguna teoría acerca del funcionamiento del mismo, así como la posterior identificación de las causas raíces del problema.

4.3.3 Analizar. Esta etapa es la de mayor contenido técnico, ya que en ella se realiza un estudio exhaustivo de toda la información recolectada en la etapa anterior, identificando las causas vitales de variación del proceso, mediante herramientas estadísticas un poco más avanzadas como la prueba de hipótesis y el análisis de varianza del diseño experimental. Por tanto, en esta fase se corroboran o descartan ciertas teorías y deducen las relaciones existentes entre las variables de entrada y salida del proceso.

4.3.4 Mejorar. En esta fase donde se desarrolla un plan de implantación de mejoras que aporte soluciones sólidas para eliminar los defectos en los que incurre el proceso. En ciertas ocasiones es recomendable hacer una prueba piloto de las mejoras para determinar su alcance antes de ser implantadas.

4.3.5 Controlar. Se comprueba la efectividad de las soluciones propuestas probadas en escala piloto. Se deben establecer controles que monitoricen permanentemente las salidas del proceso y las causas vitales que inciden en su consecución, para mantener las ganancias conseguidas y evitar una eventual pérdida de regularidad con el tiempo.

Figura 9. Etapas de la metodología Seis Sima



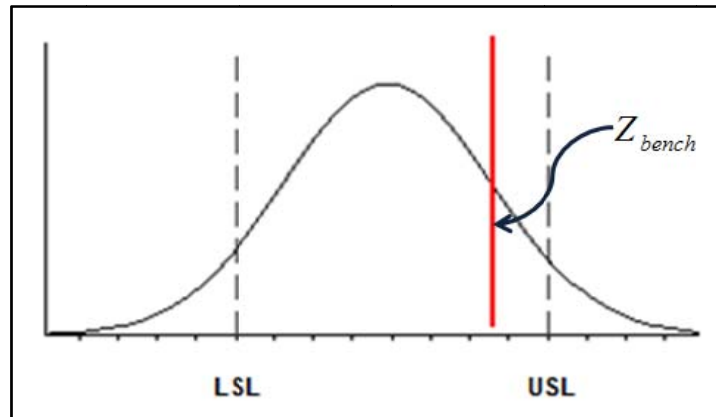
Fuente: Los autores

4.4 DETERMINACIÓN DEL NIVEL SIGMA

Las técnicas propuestas por la metodología Seis Sigma son utilizadas para demostrar gráficamente y cuantitativamente el nivel de defectos obtenido debido a la dispersión y al centramiento del proceso. El objetivo del 6σ es obtener la menor cantidad de defectos por millón de oportunidades (DPMO) que corresponde a un nivel menor o igual a 3,4 partes por millón, esto es, casi cero defectos.

Los niveles de mejora del Seis Sigma, indican la severidad de los problemas de calidad de un proceso, evaluados desde el nivel 1σ al nivel 6σ . El nivel se calcula a partir del Z_{bench} , que corresponde al número de desviaciones que caben dentro del centro del proceso y la línea roja (Figura 10). Esta línea representa el punto (z) en la curva normal que incluiría todos los defectos si se pusieran en un solo lado, de tal forma que los defectos que se presentan tanto por encima como por debajo de las especificaciones se combinan en el lado derecho de la curva.

Figura 10. Cálculo del nivel sigma



Fuente: Minitab 15

Como se observa en la Tabla 3, el área bajo la curva de la distribución acumulada indica, pues, los niveles y valores, con porcentajes de eficiencia diferentes, que van desde 68.27 % (nivel 1) hasta 99.999943% (nivel 6).²⁶.

Tabla 3. Niveles y valores DPMO y Eficiencia Seis Sigma

NIVEL SIGMA	DPMO	EFICIENCIA (%)
1	690.000	68,27
2	308.000	95,45
3	66.800	99,73
4	6.210	99,994
5	230	99,99994
6	3,4	99,999966

Fuente: GRUPO KAIZEN S.A

²⁶ LOPEZ, Gustavo. Metodología seis Sigma: calidad Industrial. En: Revista digital mercadeo.com [artículo en Internet]. Disponible en: <http://www.mercadeo.com/archivos/six-sigma.pdf>. [Consulta: 15 Octubre de 2008]

5. DIAGNÓSTICO INICIAL DE LA EMPRESA

5.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente en la empresa hay varios tipos de problemas, lo cual no es una sorpresa en una organización con poco tiempo de funcionamiento en donde las diferentes áreas deben comenzar a fortalecer desde cero sus respectivos campos de acción. Así, pues, en FORCOL se presentan principalmente problemas del área comercial para satisfacer las necesidades de los clientes y alcanzar el nivel de ventas proyectado, problemas del área de talento humano para remunerar apropiadamente el trabajo de la gente y problemas del área de operaciones para optimizar el desempeño del sistema productivo. Sin embargo, con la realización de este proyecto se desea trabajar específicamente en el área de operaciones, en un problema que por sus relaciones lógicas con las principales medidas de desempeño de las demás áreas, puede no solo generar impacto en indicadores propios del área, como la productividad y los rechazos internos, sino que también ejerce influencia en otros procesos de la organización.

La importancia de la realización de esfuerzos por mejorar la calidad de los procesos claves de la empresa (como lo son los procesos de manufactura), radica en que una mejoría en este aspecto, puede indirectamente reducir los reclamos de los clientes al aumentar la cantidad de productos entregados dentro de especificaciones, así como aumentar la facturación de la empresa al entregar todos los pedidos completos y sin contratiempos. Esto tendrá un efecto motivacional al interior de la organización que generalmente conlleva al incremento de la productividad del personal al aumentar su parte variable de la remuneración.

Volviendo al problema de calidad de la empresa, cabe aclarar que no consiste simplemente en una alarma de indicadores, sino que se puede evidenciar

visualmente en la planta, al observar que existen lotes completos de productos terminados que se acumulan como inventario de producto no conforme, bien sea porque su salida no ha sido aprobada en la inspección final, o porque simplemente son devueltos por el cliente. Esto implica que existe un problema de despilfarro importante, ya que la inversión en tiempo, capital de trabajo y recurso humano se está desperdiciando (excediéndose sin necesidad) a medida que aumentan los esfuerzos en retrabajos para recuperar los productos defectuosos o, en el peor de los casos, a medida que las piezas se convierten en chatarra.

Precisamente, se realizó una recopilación de los reportes de *scrap*²⁷ por celda correspondientes a tres meses de operaciones. Esta medición reveló que los principales productos rechazados eran la junta fija, la espiga, la triceta²⁸ y el bocín²⁹ como lo evidencian las siguientes cifras.

Tabla 4. PPM's de productos por celda

CELDA	APLICACIÓN	PPM
Recalcadora	Espigo I-190	88.720
	Junta Fija Elantra	80.063
	Junta Fija Signo	63.725
	Junta Fija Logan	35.571
	Tulipa Viara RH (Derecha)	30.915
	Tulipa R9	19.535
	Junta Fija A.C. 1700	12.568
	Junta Fija Mazda 323	12.041
	Junta Fija Vitara	9.306
	Espigo NPR	7.974
	Junta Fija Aveo	7.450
Tulipa Vitara LH (Izquierda)	6.135	
Martillo 1.250	Triceta GI 69	186.715
	Yugo fijo	35.030
	Triceta 1700i	33.403
Prensa 400	Junta Fija Logan	300.485
	Junta Fija Aveo	243.836
	Junta Fija R9	132.118
Martillo 6.300	Bocín Opra-Daewoo J200	114.923

Fuente: Reportes de *scrap* de FORCOL³⁰

²⁷ *Scrap* es un término adoptado del inglés acuñado en la industria para referirse a los rechazos internos de producción.

²⁸ La triceta también es llamada ocasionalmente Trípode.

²⁹ El bocín también es llamado ocasionalmente Cubo Rueda.

³⁰ Fecha: Junio de 2008

Los productos seleccionados como objeto de estudio del proyecto fueron aquellos cuyos PPM fueron significativamente más altos que los demás de la celda. En consecuencia, los productos elegidos en la Recalcadora fueron la junta fija y el espigo, en el Martillo 1250, el trípode; en la Prensa 400 la junta fija, y en el martillo 6.300 el bocín. Cabe anotar, como se había mencionado anteriormente, que cada aplicación pertenece a una familia de productos y por esta razón se estudiará como tal.

Ahora, si bien se conoce de la existencia de este problema de calidad, lo cual es un buen comienzo, no se cuenta con una acción correctiva lo suficientemente efectiva para resolverlo. En primera instancia, no basta con simplemente detectar los productos defectuosos al final del proceso, ya que el despilfarro se continúa presentando mientras se siga procesando todo el lote. Lo que realmente es valioso para la organización es contar con información confiable que le permita a quien monitorea el proceso actuar de manera correcta y oportuna para prevenir que se presenten los defectos. En segundo lugar, cuando se presentan no conformidades, no se sabe a ciencia cierta cuáles fueron los errores (causas) que ocasionaron esos defectos (consecuencias), y se opta por tomar acciones correctivas basadas en los síntomas observados y en la experiencia adquirida gracias al conocimiento de casos que ya se habían presentado con anterioridad.

Por lo tanto, y debido a que para ninguna organización es saludable mantener en el tiempo diferentes tipos de desperdicio, se hace necesaria la implementación en la planta de un sistema de control estadístico de la calidad, el cual entregue información acerca del desempeño del proceso a su responsable, y que le permita tomar decisiones (basadas en datos procesados y validados estadísticamente) en tiempo real cuyo impacto en las características del producto se conozca con certeza, dándole a la empresa la posibilidad de tener sus procesos de manufactura bajo control, y así poder predecir si las piezas serán entregados



dentro de las especificaciones de sus clientes, es decir, asegurarles que allí se fabrican productos de calidad.

5.2 DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES CRÍTICAS

Como guía para definir las variables críticas se tomó la que se presenta en el manual de referencia *SPC*³¹, el cual sugiere que se deben tener en cuenta, en orden de prioridad tres, aspectos: necesidades del cliente, áreas de problemas actuales y potenciales y correlación entre características, cuyo desarrollo se aborda en los apartados 5.2.2., 5.2.3. y 5.2.4 respectivamente.

5.2.1 Equipo de trabajo CEP. Como ya se mencionó anteriormente, TRANSEJES amplió su negocio en la industria mediante una integración vertical hacia atrás, adoptando como su proveedor de forja a FORCOL. Esto, junto con la naturaleza interdisciplinar del proyecto, conlleva a la creación de un equipo de personas interesadas y comprometidas con la implementación del CEP en FORCOL, dentro del cual se pueden distinguir tres grupos según las funciones que cada uno de ellos va a desempeñar. El primer grupo, de dirección, se encargará de tomar las decisiones para lograr que las necesidades del proyecto se ajusten a las posibilidades dentro de la empresa. El segundo grupo, de apoyo en gestión, además de realizar seguimiento junto con el grupo de dirección, puede limitarse a realizar actividades de carácter operativo, o puede colaborar ocasionalmente en la gestión de ciertas tareas especiales. Finalmente, el grupo de apoyo operativo, realizará la medición de las variables de producto de los estudios preliminares y colaborará en la coordinación y conducción de los mismos.

³¹CHRYSLER CORPORATION, FORD MOTOR COMPANY, GENERAL MOTORS CORPORATION. Control Chart For Variables. En: Statistical Process Control (SPC): Reference manual. United States Of America: Automotive Industry Action Group (A.I.A.G.); 1995. p. 27-49.

A continuación se presenta a los integrantes y su área respectiva.

Tabla 5. Equipo de trabajo CEP

EQUIPO DE TRABAJO CEP		
Dirección	Ingeniería Industrial (Responsables)	Lilián Andrea Álvarez Cárdenas Iván Darío Serrano Guerra
	Gerencia de planta	Luis Alberto Santos
	CEP Transejes	Jaime Castillo
	Producción	Giovani Arturo Parra
	Calidad y procesos	Johana Rubiano Leonardo Quesada
Apoyo en gestión	Mantenimiento	Omar Fernando Gómez
	Ingeniería	Jesús Alberto Chacón
	Sistema De Gestión De Calidad	Yenny Paola González
Apoyo operativo	Calidad y procesos (Medición)	Carlos Pimiento
	Producción (Líderes de turno)	Carlos Rivera
		José Expedito Celis

Fuente: Los autores

5.2.2 Necesidades del cliente. El primer y más importante criterio de selección de las variables críticas a estudiar en el proyecto, tiene que ver naturalmente con las expectativas de quienes están más interesados en la calidad de los productos de FORCOL, es decir, sus clientes. Y por supuesto que la empresa está muy interesada en que su calidad les resulte satisfactoria.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que la intención de la definición de variables a nivel general, consiste en identificar aquellas etapas específicas a lo largo de todo el proceso productivo en donde resulte imperante establecer el control, de tal manera que se pueda garantizar la entrega de productos de mayor calidad al cliente. Es por esto que el concepto de “cliente” que se adoptará aquí será más amplio, entendiéndolo no solo como el receptor último del producto terminado, sino también como cualquiera de los procesos que intervienen en la elaboración del mismo. Esto se debe a que la relación entre un determinado proceso y su proceso subsiguiente, es equiparable a la relación entre cliente y proveedor respectivamente.

Inicialmente, se realizó una entrevista personal con el Gerente de Ingeniería de Transejes para obtener la información de primera mano acerca de los requisitos del cliente final. Allí se concluyó que la mejor manera de conocerlos es a través del PPAP³² de cada producto, que precisamente es el documento establecido por FORCOL para recoger toda la información relativa a las relaciones cliente-proveedor existentes, tanto en el proceso productivo como en la entrega del producto terminado a los clientes. Este documento es un formato genérico adoptado por la industria automotriz, donde se debe consignar toda la información acerca de la elaboración de un determinado producto, y la forma en que se garantizará el cumplimiento de todos los requisitos específicos del cliente, con el fin de ser evaluado por el mismo para poder tomar, con suficientes argumentos, la decisión de iniciar o ratificar una relación de compra-venta con el proveedor.

Ésta será entonces, la base de la cual se partirá para consolidar un primer grupo de variables críticas ante los ojos del cliente, entendido como el concepto más incluyente mencionado anteriormente. Pero en particular, solo será necesario estudiar con detenimiento dos de las cinco secciones típicas de un PPAP:

- Planes de Control del Producto (PCP)³³
- AMEF de Proceso

Para este fin, el PCP solo se considerará para identificar si existen características para las que el cliente haya solicitado un control más estricto y exhaustivo, que implique que su criticidad sea mayor que la de otras características. Los PCP de corte y forja de cada uno de los productos a estudiar se presentan en el Anexo D.

³² Production Part Approval Process (Proceso de Aprobación de Partes para Producción), documento que define los requerimientos genéricos para la aprobación por parte del cliente, incluyendo la producción y la mayoría de los materiales.

³³ Define todos los métodos utilizados para el control del proceso y recopila los requerimientos especificados por el cliente.

Para el caso de la Triceta, se muestran los planes de control correspondientes a la celda de la Prensa 400 y no a la celda del Martillo 1250 (como se especificó en un principio), debido a que posteriormente se decide cambiar la máquina en donde se fabrica, por razones que se exponen más adelante en la sección 7.4.

Por su parte, el AMEF de Proceso, brinda información cualitativa y cuantitativa acerca de las fallas potenciales (hayan o no hayan ocurrido), sus causas y soluciones a lo largo del proceso de fabricación. Adicionalmente incluye una cuantificación de la severidad de los efectos de dichas fallas sobre el cliente, por lo que ésta fue la herramienta seleccionada para su revisión con el fin de obtener una primera priorización de características según los requisitos del cliente.

El proceso de revisión consistió básicamente en la actualización de los niveles de ocurrencia y severidad de todas las características mencionadas en los AMEF y, por tanto, la actualización de los respectivos NPR.³⁴ Para tener en cuenta entonces la voz del cliente en la ocurrencia, se tomaron como fuente los datos obtenidos de los RMD³⁵ que se presentaron entre enero de 2007 y mayo de 2008. Por otro lado, la severidad de las no conformidades fueron reevaluadas por la experiencia del Coordinador de Procesos de FORCOL, responsable directo de la elaboración y evaluación de los PPAP y, por tanto, de los AMEF.

En la siguiente tabla se presenta el consolidado de los RMD y el respectivo nivel de ocurrencia para cada uno de los productos.

³⁴ NPR: Nivel de Prioridad de Riesgo

³⁵ Reporte de Material Discrepante: documento donde el cliente manifiesta las no conformidades encontradas en el producto, registrando, a su vez, número de parte, cantidades de producto despachado, cantidades de producto no conforme y costos involucrados.

Tabla 6. Resumen RMDs y cálculo de la ocurrencia

CÁLCULO DE OCURRENCIAS DE FALLAS BASADO EN RECHAZOS DEL CLIENTE (RMD) 2007-2008					
APLICACIÓN	DESPACHOS	MOTIVO DE RECHAZO	CANTIDAD	PPM	OCURRENCIA AMEF
Junta fija	119.447	Distancia Fondo a Extremo Campana	498	4.169	5
		Trazabilidad con altura mayor	951	7.962	6
		Dist. Ext. Vas. a Fondo Camp. menor	62	519	3
		Dist. Hombro a Fondo Camp. menor	3	25	1
		Falta de llenado Base Campana	119	996	3
		Falta de llenado Hombro Campana	98	820	3
		Grietas	6	50	1
		Pliegues	1	8	1
		Ángulo Fondo Campana menor	6	50	1
		Falta de llenado Extremo Vástago	18	151	2
		Bocin	63.548	Cascarilla	4
Run Out	30			472	2
Grietas	69			1.086	4
Falta de llenado	735			11.566	7
Pliegues	14			220	2
Espiga (Mazda)	50.767	Falta de llenado	43	847	3
Triceta	47.209	Exceso de Esmerilado	113	2.394	4
		Diámetro Cuerpo Triceta mayor	428	9.066	6

Fuente: Los autores³⁶

Los AMEF actualizados que se obtuvieron después del proceso de revisión se presentan en el Anexo E. De igual forma que en los planes de control, en éste anexo se presenta el AMEF correspondiente al trípode fabricado en la Prensa 400 y no al fabricado en el Martillo 1250, debido la decisión de cambiar la máquina en donde se fabricaba.

A continuación, en las siguientes tablas, se muestra un resumen de los NPR actualizados para los cuatro productos, algunos de los cuales fueron modificados como consecuencia de la actualización de ocurrencias de la tabla anterior.

³⁶ Fecha: Junio de 2008

Tabla 7. NPR AMEF de Junta Fija

NPR CARACTERÍSTICAS AMEF ACTUALIZADAS - JUNTA FIJA (PRENSA 400)			
CARACTERÍSTICA	OPERACIÓN	NATURALEZA DE LA FALLA	NPR
Distancia Fondo Campana a Base	Desbarbado	Distancia menor	175
Forja Incompleta	Forja	Falta de llenado Base Campana	120
Forja Incompleta	Forja	Falta de llenado Hombro Campana	120
Distancia Extremo Vástago a Fondo Campana	Desbarbado	Distancia menor	84
Run-out Diámetro interno vs. Diámetro Exterior	Desbarbado	Run Out mayor	84
Color	Inspección de recibo	Extremo de la palanquilla sin color	80
Material	Inspección de recibo	Material diferente al especificado	80
Material	Inspección de recibo	Material con grietas	80
Golpes y/o Rayas	Inspección de recibo	Grietas por golpes y/o rayaduras	80
Tipo de Acero	Corte	Tipo de acero diferente al especificado	80
Sección	Corte	Diámetro menor	80
Longitud de Corte	Corte	Longitud menor	80
Peso de Carga	Corte	Peso de carga menor	80
Cascarilla	Calentamiento	Exceso de cascarilla	80
Temperatura	Calentamiento	Fuera de especificación	80
Rebabas	Forja	Extensión de rebabas fuera de especificación	80
Forja Incompleta	Forja	Falta de llenado Extremo Vástago	80
Diámetro del Vástago	Desbarbado	Diámetro menor	80
Diámetro Interior Campana	Desbarbado	Diámetro mayor	80
Cara plana para centrado	Desbarbado	No presenta	80
Dureza	Normalizado	Fuera de especificación	75
Grietas/Plegues/Poros	Forja	Presencia de grietas, pliegues y/o poros.	72
Sección	Inspección de recibo	Sección menor	70
Material	Inspección de recibo	Composición química fuera de especificación	70
Material	Inspección de recibo	Material oxidado	70
Material	Inspección de recibo	Material con poros	70
Perpendicularidad de Corte	Corte	Fuera de especificación	70
Cascarilla	Forja	Presencia de cascarilla	70
Diámetro Exterior Campana	Desbarbado	Diámetro menor	70
Diámetro Deflector	Desbarbado	Diámetro menor	70
Distancia Hombro a Fondo Campana	Desbarbado	Distancia menor	70
Cascarilla	Limpieza	Producto con cascarilla	64
Pecas	Limpieza	Producto no conforme	64
Grietas	Magnaflux	Presencia de grietas	40
Pliegue	Magnaflux	Presencia de grietas	32
Longitud	Inspección de recibo	Longitud menor	21

Fuente: Los autores

Tabla 8. NPR AMEF de Bocín o Cubo Rueda

NPR CARACTERÍSTICAS AMEF ACTUALIZADAS - CUBO RUEDA (MARTILLO 6.300)			
CARACTERÍSTICA	OPERACIÓN	NATURALEZA DE LA FALLA	NPR
Forja Incompleta	Forja	Falta de llenado	224
Perpendicularidad de Corte	Corte	Fuera de especificación	96
Dureza Superficial	Temple y Revenido	Dureza mayor	84
Longitud de Corte	Corte	Longitud menor	80
Peso de Carga	Corte	Peso de carga menor	80
Sección	Corte	Diámetro menor	64
Deformación	Desbarbado	Producto no conforme	64
Temperatura	Calentamiento	Fuera de especificación	60
Dureza Superficial	Temple y Revenido	Dureza menor	60
Perfil Rebaba	Desbarbado	Contorno de pieza dañado	56
Material	Inspección de recibo	Material con grietas	48
Cascarilla	Calentamiento	Exceso de cascarilla	48
Rebabas	Forja	Presencia de rechupes	48
Grietas/Plegues/Poros	Forja	Presencia de grietas, pliegues y/o poros.	48
Run Out entre A y B	Desbarbado	Run Out mayor	48
Espesor de la Brida	Desbarbado	Espesor menor	42

Tabla8. (Continuación)

CARACTERÍSTICA	OPERACIÓN	NATURALEZA DE LA FALLA	NPR
Material	Inspección de recibo	Composición química fuera de especificación	42
Material	Inspección de recibo	Material con poros	42
Cascarilla	Forja	Presencia de cascarilla	42
Espesor Muñones Lado Rueda	Desbarbado	Espesor menor	42
Grietas	Magnaflux	Presencia de grietas	40
Salientes de Rebaba	Desbarbado	Extensión de rebabas mayor	36
Color	Inspección de recibo	Extremo de la palanquilla sin color	32
Sección	Inspección de recibo	Sección menor	32
Material	Inspección de recibo	Material diferente al especificado	32
Materia Prima	Corte	Material diferente al especificado	32
Material	Inspección de recibo	Material oxidado	28
Distancia Extremo a Fondo Lado Rueda	Desbarbado	Diámetro mayor	21
Pliegue	Magnaflux	Presencia de grietas	20
Dist. Base Brida a Ext. Diámetro Intermedio Cubo	Desbarbado	Distancia menor	16
Dist. Base Brida a Ext. Diámetro Menor Cubo	Desbarbado	Distancia menor	16
Distancia Base Brida a Extremo Lado Rueda	Desbarbado	Distancia menor	16
Diámetro Menor del Cubo	Desbarbado	Diámetro menor	14
Diámetro Intermedio Cubo	Desbarbado	Diámetro menor	14
Diámetro Brida	Desbarbado	Diámetro menor	14
Diámetro Exterior Mayor Lado Rueda	Desbarbado	Diámetro menor	14
Diámetro Exterior Menor Lado Rueda	Desbarbado	Diámetro menor	14
Diámetro Interior Lado Rueda	Desbarbado	Diámetro mayor	14
Cascarilla	Limpieza	Producto con cascarilla	10
Pecas	Limpieza	Producto no conforme	10
Longitud	Inspección de recibo	Longitud menor	6

Fuente: Los autores

Tabla 9. NPR AMEF de Espiga

NPR CARACTERÍSTICAS AMEF ACTUALIZADAS - ESIPIGA (RECALCADORA)			
CARACTERÍSTICA	OPERACIÓN	NATURALEZA DE LA FALLA	NPR
Forja Incompleta	Forja	Falta de llenado	120
Distancia Extremo Vástago a Fondo Campana	Desbarbado	Distancia menor	84
Run-out Diámetro Interno vs. Diámetro Exterior	Desbarbado	Run Out mayor	84
Temperatura	Calentamiento	Fuera de especificación	80
Diámetro de Ensamble Tubo	Desbarbado	Diámetro menor	80
Color	Inspección de recibo	Extremo de la palanquilla sin color	80
Material	Inspección de recibo	Material diferente al especificado	80
Material	Inspección de recibo	Material con grietas	80
Tipo de Acero	Corte	Tipo de acero diferente al especificado	80
Sección	Corte	Diámetro menor	80
Longitud de Corte	Corte	Longitud menor	80
Peso de Carga	Corte	Peso de carga menor	80
Cascarilla	Calentamiento	Exceso de cascarilla	80
Rebabas	Forja	Extensión de rebabas fuera de especificación	80
Salientes de rebaba	Desbarbado	Extensión de rebabas mayor	80
Diámetro Deflector	Desbarbado	Diámetro menor	80
Grietas	Magnaflux	Presencia de grietas	80
Dureza	Normalizado	Fuera de especificación	75
Grietas/Pliegues/poros	Forja	Presencia de grietas, pliegues y/o poros.	72
Deformación	Desbarbado	Producto no conforme	72
Altura total	Desbarbado	Distancia menor	70
Distancia Base Espiga a Asiento Vástago	Desbarbado	Distancia menor	70
Sección	Inspección de recibo	Sección menor	70

Tabla 9. (Continuación)

CARACTERÍSTICA	OPERACIÓN	NATURALEZA DE LA FALLA	NPR
Material	Inspección de recibo	Composición química fuera de especificación	70
Material	Inspección de recibo	Material oxidado	70
Material	Inspección de recibo	Material con poros	70
Perpendicularidad de Corte	Corte	Fuera de especificación	70
Cascarilla	Forja	Presencia de cascarilla	70
Perfil de rebaba	Desbarbado	Contorno de pieza dañado	70
Diámetro Interior Espiga	Desbarbado	Diámetro mayor	70
Cascarilla	Limpieza	Producto con cascarilla	64
Pecas	Limpieza	Producto no conforme	64
Diámetro Vástago	Desbarbado	Diámetro menor	60
Tamaño de Grano	Normalizado	Fuera de especificaciones	50
Pliegue	Magnaflux	Presencia de grietas	32
Variación microestructural	Magnatest	Presencia de variación	30
Longitud	Inspección de recibo	Longitud menor	21

Fuente: Los autores

Tabla 10. NPR AMEF de Triceta o Trípode

NPR CARACTERÍSTICAS AMEF ACTUALIZADAS - TRIPODE (PRENSA 400)			
CARACTERÍSTICA	OPERACIÓN	NATURALEZA DE LA FALLA	NPR
Cascarilla	Calentamiento	Exceso de cascarilla	96
Grietas o Pliegues	Forja	Presencia de grietas, pliegues y/o poros.	96
Perpendicularidad de Corte	Corte	Fuera de especificación	84
Cascarilla	Forja	Presencia de cascarilla	84
Corrimiento de Matriz	Desbarbado	Corrimiento mayor	84
Sección	Corte	Diámetro menor	80
Peso de Carga	Corte	Peso de carga menor	80
Longitud de Corte	Corte	Longitud menor	64
Forja Incompleta	Desbarbado	Falta de llenado	64
Deformación	Desbarbado	Producto no conforme	64
Diámetro Externo Superior del Cuerpo	Desbarbado	Diámetro menor	64
Espesor del Cuerpo	Calibración de Caras	Espesor menor	64
Temperatura	Calentamiento	Fuera de especificación	60
Controno pieza	Desbarbado	Controno de pieza dañado	56
Diámetro Interno Superior del Cuerpo	Desbarbado	Diámetro mayor	56
Material	Inspección de recibo	Material con grietas	48
Planicidad de caras	Calibración de Caras	Fuera de especificación	48
Paralelismo	Calibración de Caras	Fuera de especificación	48
Material	Inspección de recibo	Composición química fuera de especificación	42
Material	Inspección de recibo	Material con poros	42
Cascarilla	Limpieza	Producto con cascarilla	40
Pecas	Limpieza	Producto no conforme	40
Rebabas	Forja	Extensión de rebabas fuera de especificación	36
Salientes de rebaba	Desbarbado	Extensión de rebabaas mayor	36
Color	Inspección de recibo	Extremo de la palanquilla sin color	32
Sección	Inspección de recibo	Sección menor	32
Material	Inspección de recibo	Material diferente al especificado	32
Tipo de Acero	Corte	Tipo de acero diferente al especificado	32
Dureza	Normalizado	Fuera de especificación	30
Material	Inspección de recibo	Material oxidado	28
Diámetro de los <i>Trunnion</i>	Desbarbado	Diámetro menor	28
Radio de Esquinas del Cuerpo	Calibración de Caras	Fuera de especificación	24
Espesor del Espejo	Desbarbado	Espesor mayor	16
Espesor del Cuerpo Forjado	Desbarbado	Diámetro menor	12
Longitud	Inspección de recibo	Longitud menor	6

Fuente: Los autores

5.2.3 Áreas de problemas actuales y potenciales. Una vez conocidas las necesidades del cliente, se deben considerar los problemas al interior de la organización. El resultado de dicho análisis permitirá conocer oportunidades de mejora, que si se complementan con lo obtenido en el apartado anterior, hará que la selección de características sea mucho más efectiva.

Por medio de este criterio de selección de variables se pretende considerar las principales evidencias existentes de desperdicio o de bajo desempeño en la planta, así como aquello que aún no represente un problema serio, pero cuyas condiciones actuales tienen un alto riesgo de empeorar.

Existen varios factores que se pueden considerar para evaluar este tipo de problemas y que están muy comúnmente relacionados con el incumplimiento de las metas de producción. Para ello, se realizó un diagnóstico de una medida de desperdicio relacionada con los rechazos internos de la empresa, el *scrap*. Por lo tanto se realizó una recopilación de sus reportes durante los primeros tres meses desde que se implementó el uso de los códigos de rechazo³⁷ (2 de febrero de 2008) hasta el 17 de mayo del mismo año. Estos registros se obtienen de las tarjetas rojas³⁸, que presentan el número de parte de la pieza, su trazabilidad, el código de rechazo, la cantidad y la fecha.

Inicialmente, se procedió a agrupar las diferentes referencias por celda de trabajo, se consolidaron las respectivas cantidades de *scrap*, y mediante el diagrama Pareto se identificaron los pocos vitales, es decir, las aplicaciones que representan la mayor proporción de rechazos con respecto al total de la celda. A continuación

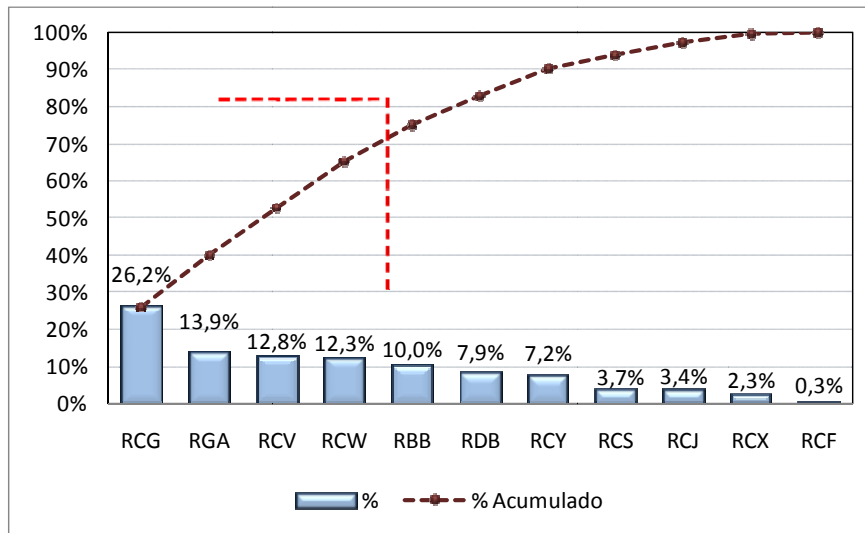
³⁷ Los códigos de rechazo fueron creados para cada defecto o motivo de rechazo según la celda de trabajo y son representados con letras mayúsculas.

³⁸ Para identificar el material que se encuentra dentro de la planta existe una serie de tarjetas de colores que permiten reconocer, de manera fácil y rápida, si éste es un producto en proceso, un retrabajo, un producto rechazado (*scrap*) o una muestra inicial con los colores azul, amarillo, rojo y blanco respectivamente.

se muestran los resultados obtenidos y al final se presenta una tabla que resume los motivos de rechazo críticos, con sus respectivos códigos y significados para cada celda³⁹.

- En la Recaladora los datos muestran que los motivos de rechazo identificados con los códigos RCG, RGA y RCV, son los causantes de un 52,9% del *scrap* generado la celda.

Figura 11. Diagrama Pareto de rechazos internos en la Recaladora

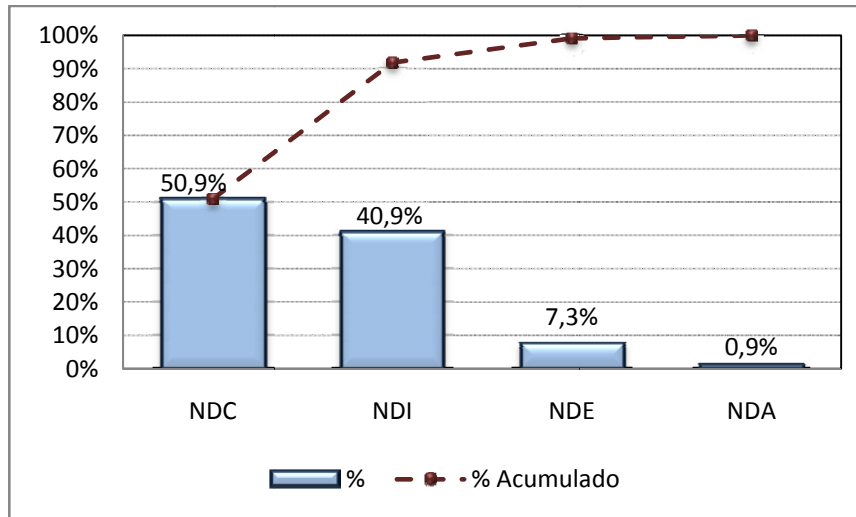


Fuente: Los autores

- En el Martillo 1250 los datos muestran que los motivos de rechazo identificados con los códigos NDC y NDI, son los causantes de un 91,8% del *scrap* generado la celda.

³⁹ La totalidad de la nomenclatura asociada a los códigos de rechazo de cada celda se presenta en el Anexo F.

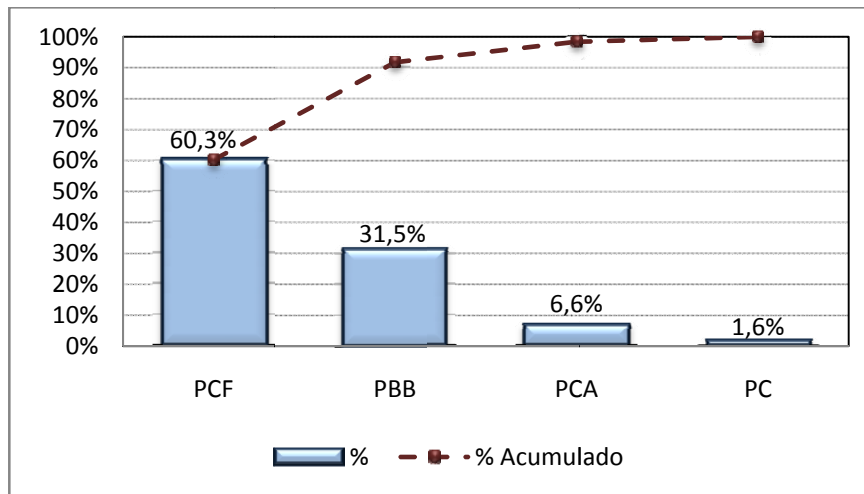
Figura 12. Diagrama Pareto de rechazos internos en el Martillo 1250



Fuente: Los autores

- En la Prensa 400 los datos muestran que los motivos de rechazo identificados con los códigos PCF y PBB, son los causantes de un 91,8% del scrap generado en la celda.

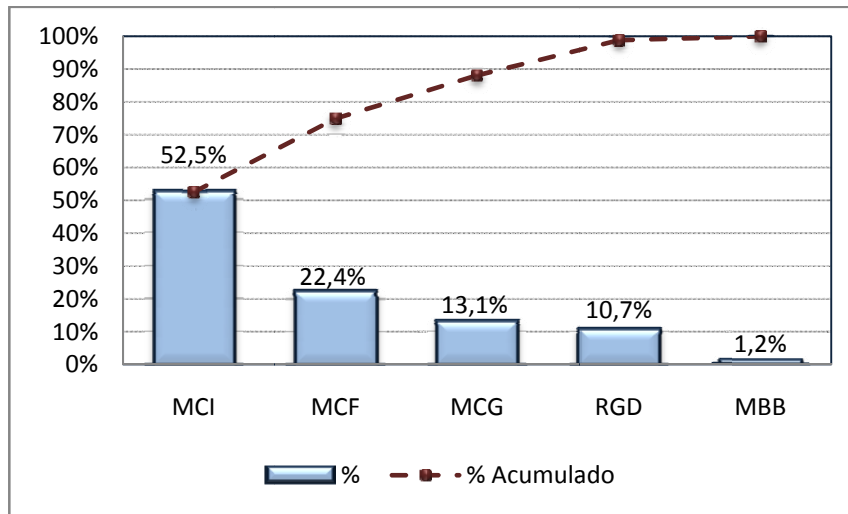
Figura 13. Diagrama Pareto de rechazos internos en la Prensa 400



Fuente: Los autores

- En el Martillo 6.300 los datos muestran que los motivos de rechazo identificados con los códigos MCI y MCF, son los causantes de un 74,9% del scrap generado en la celda.

Figura 14. Diagrama Pareto de rechazos internos en el Martillo 6300



Fuente: Los autores

Según estos resultados, los principales problemas internos en las celdas de trabajo son:

Tabla 11. Principales motivos de rechazo

CELDA	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PRODUCTO
Recalcadora	RCG	Falta de llenado Extremo Vástago	Espiga y Junta Fija
	RGA	Grietas	Junta Fija
	RCV	Pliegues	Espiga
Martillo 1.250	NDC	Falta de llenado cuerpo	Triceta
	NDI	Deformación	Triceta
Prensa 400	PCF	Longitud de vástago menor	Junta Fija
	PBB	Piezas quemadas	Junta Fija
Martillo 6.300	MCI	Golpes	Bocín
	MCF	Run out mayor	Bocín

Fuente: Los autores

5.2.4 Correlación entre características. La correlación entre características es el criterio de selección complementario a los dos abordados anteriormente, ya que propicia la búsqueda de variables relacionadas con las ya seleccionadas que presentan el mismo patrón de comportamiento, y que posiblemente faciliten los métodos de control debido a procedimientos de medición más sencillos, o al control de múltiples características a partir de una misma variable.

La expresión más común de correlación entre dos variables es la relación de causa-efecto directa entre ellas, y el método cuantitativo más fiable para evaluar la significancia de tales relaciones es el Diseño de Experimentos. Sin embargo, éste método no es aplicable al caso de FORCOL, por varias razones:

- Ya se realizó un diseño experimental cuando la empresa inició operaciones varios años atrás, con el fin de determinar los parámetros de operación de cada una de las máquinas, que ya han sido validados en años posteriores.
- Se cuenta con un conocimiento técnico del proceso documentado en el AMEF, en donde se identifican claramente las relaciones de causalidad entre las variables.
- Dentro del presupuesto anual no se han contemplado estudios de esta clase, ya que los costos (tiempo, material) de llevarlos a cabo son significativamente altos para la empresa, y en este momento no se encuentra en condiciones de cubrirlos.

Por lo tanto, al examinar el AMEF de proceso, con el visto bueno del área de Procesos y Aseguramiento de la Calidad, se llegó a la conclusión de que las variables de proceso más importantes a considerar dentro del estudio eran:

- Tiempo de Calentamiento
- Temperatura de la Pieza
- Temperatura de la Matriz

A pesar de que ya se conocían sus parámetros de operación, se deseaba tener certeza plena y dejar registrado que, por una parte, su variación dentro de los rangos permitidos no tenía influencia significativa en el producto y que, por otra parte, cuando se traspasaban los límites de operación se incrementaba la probabilidad de obtener productos defectuosos.

La otra manifestación de la correlación entre dos variables es la semejanza entre sus patrones de comportamiento, que en este caso se traduce en las asociaciones lógicas que por razones técnicas se pueden realizar entre dos variables, como por ejemplo, el hecho de que la falta de llenado en el extremo del vástago de la junta fija, conlleve a que la distancia Fondo Campana a Extremo Vástago sea recurrentemente menor a lo especificado.

5.2.5 Variables críticas. Una vez las variables fueron priorizadas a la luz de cada uno de los tres criterios de selección descritos en los apartados anteriores, se obtuvieron por lo tanto dos listas jerarquizadas de variables y un pequeño grupo de variables correlacionadas. Todas estas variables, a su vez, fueron sometidas a un filtro definitivo: el criterio del Equipo CEP. Para ello se realizó una reunión con el grupo de dirección del equipo, donde se tomaron las decisiones acerca de cuáles variables se debían incluir y excluir de cada uno de los estudios.

Inicialmente se descartaron las variables del AMEF que tenían que ver con los procesos que tienen lugar antes y después de las operaciones de Corte, Forja y Desbarbado. Esto se debe a que dichas operaciones corresponden a inspecciones y a procesos cuyo seguimiento a cada pieza en tiempo real es complejo, debido a que la producción se realiza por lotes, y además por la dificultad para realizar las

mediciones. Cabe anotar también, que el proceso de inspección de la materia prima no se realiza en FORCOL por petición explícita del cliente, sino que se realiza en Transejes basado en un análisis metalográfico, físico-químico y dimensional que se realiza a las probetas que se les envían.

Posteriormente el equipo procedió a realizar una selección más cautelosa de las variables restantes, teniendo en cuenta que no es posible estudiar la gran mayoría de las variables (por más que se deseara) debido a cuestiones coyunturales de la producción. Por lo tanto, se tomaron en consideración factores como:

- La semejanza existente entre los productos y/o algunas de sus características.
- La facilidad de realizar seguimiento a los “tochos” cuando se estudian los procesos de corte y forja de un mismo lote.
- La capacidad de control que se tiene con los diferentes tipos de forja (en cada una de las máquinas) sobre una misma característica.
- La conveniencia según el caso de seleccionar variables cuantitativas en vez de cualitativas (o viceversa) cuando éstas están correlacionadas.
- En algunos casos, puede que una característica resulte muy importante según el AMEF, debido a la actualización que se hizo a partir de los RMD. Sin embargo, es importante aclarar que dichos reportes se presentaron hace más de un año, y es posible que correspondan a lotes despachados inclusive varios meses atrás a la fecha del reporte, y que por lo tanto no se considera un problema actual (reciente), como si lo son aquellos encontrados a partir de los reportes de *scrap*.

A continuación, en la Tabla 12, se muestran las variables consideradas críticas, por el equipo CEP.

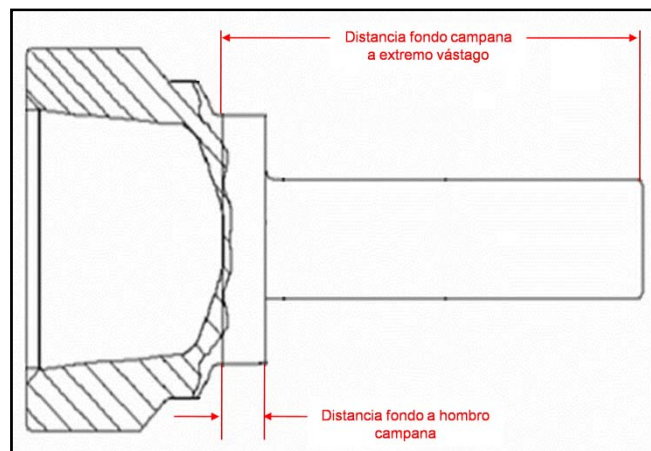
Tabla 12. Variables críticas

PRODUCTO	VARIABLE
Junta Fija	Temperatura de forja de la pieza
	Distancia Fondo Campana a Extremo Vástago
	Distancia fondo a hombro campana
Espiga	Forja incompleta
	Diámetro ensamble tubo
	Longitud total
	Distancia base espiga a asiento vástago
Triceta	Longitud
	Peso de carga
	Altura del cuerpo
	Corrimiento
	Grietas/Pliegues
Bocín	Temperatura de forja de la pieza
	Espesor de la brida
	Run Out entre A-B
	Forja incompleta
	Grietas/Pliegues/Poros

Fuente: Los autores

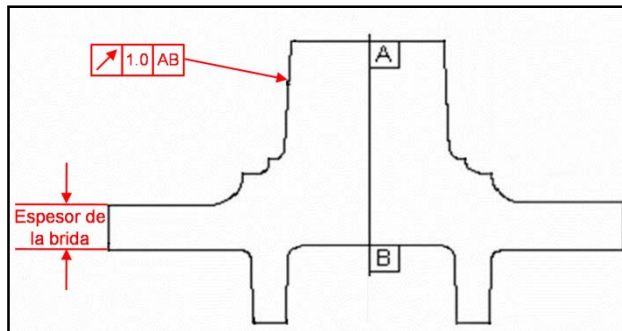
El listado anterior incluye variables tanto cuantitativas, que se ilustran en los esquemas que aparecen a continuación, como cualitativas: Forja incompleta, Grietas, Pliegues y Poros.

Figura 15. Variables críticas Junta Fija



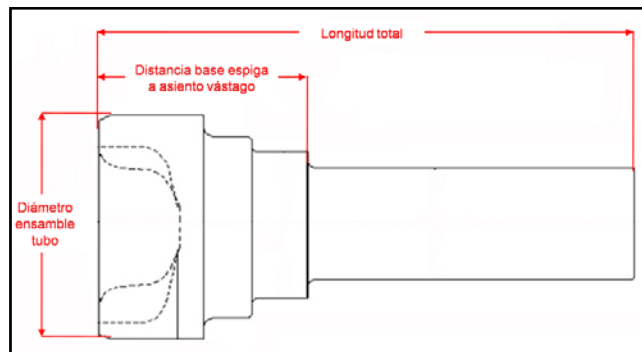
Fuente: Los autores

Figura 16. Variables críticas Bocín o Cubo Rueda



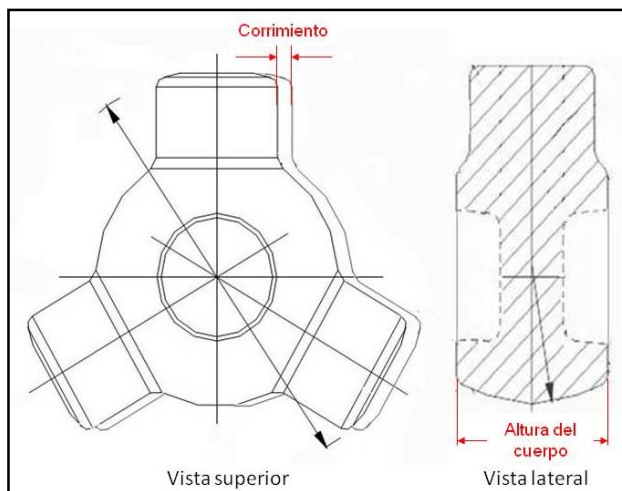
Fuente: Los autores

Figura 17. Variables críticas Espiga



Fuente: Los autores

Figura 18. Variables críticas Trípode



Fuente: Los autores

6. MEDICIÓN Y PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

Para que las cartas de control sean efectivas, se debe diseñar un plan de muestreo que defina el tamaño de los subgrupos racionales o del total de la muestra. Un plan de muestreo basado en subgrupos, requiere que la frecuencia y el tamaño de cada muestra seleccionados permita que la variación debido a causas comunes (dentro de subgrupos) sea mínima, y que la variación debida a causas especiales (entre subgrupos) sea máxima, ya que la clave de éste plan es la comparación entre dichas variaciones. Tomar muestras consecutivas de los subgrupos minimiza la oportunidad de cambios del proceso y podría minimizar la variación dentro de subgrupos. A su vez, la frecuencia de muestreo determinará la oportunidad que el proceso tiene para cambiar entre subgrupos.

Por lo anterior, teniendo en cuenta las recomendaciones dadas por el Manual de Referencia *SPC* (ver sección 4.1.7, Gráfico de Control) que a su vez están contenidas en el *PPAP* del cliente, se decidió (con la aprobación del Gerente de Planta) realizar la medición de 25 subgrupos de tamaño 5 (125 datos consecutivos) por característica crítica, ya que propician una buena estabilidad, así como buenos estimativos de la localización y dispersión del proceso. Adicionalmente, se minimiza el efecto que pueda tener cualquier valor extremo en el rango de la desviación estándar. El plan de muestreo resultante se presenta en la Tabla 13.

Para escoger el momento en que se realizaría la toma de datos de las diferentes características se tuvo presente, además de la programación de la producción, la opinión del coordinador de producción y del líder de turno de la planta, debido a que una vez terminada la puesta a punto de las máquinas, por lo general se consideraba esperar a que se produjeran varios lotes de producto para contar con mayor seguridad de que la máquina trabajara de manera continua, y de ésta forma disminuir el riesgo de que el estudio se detuviera a mitad de corrida.

Tabla 13. Plan de muestreo

PLAN DE MUESTREO						
PRODUCTO	OPERACIÓN	CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	TAMAÑO DE LA MUESTRA	RECOLECTOR DE DATOS
Junta Fija	Calentamiento	Temperatura de forja de la pieza	1100°C - 1300°C	Termocupla	125	Practicante
	Forja	Distancia fondo campana a extremo vástago	95,6 mm - 99,6 mm	Gramil digital	125	Auditor de calidad
	Forja	Distancia fondo a hombro campana	11,6 mm - 13,6 mm	Gramil digital	125	Auditor de calidad
Espiga	Forja	Forja incompleta	Forja completa	Inspección visual	125	Auditor de calidad
	Forja	Diámetro ensamble tubo	64,5 mm - 66,5 mm	Calibrador	125	Auditor de calidad
	Forja	Longitud total	122,40 mm - 124 mm	Gramil digital	125	Auditor de calidad
	Forja	Distancia base espiga a asiento vástago	48,7 mm - 50,3 mm	Gramil digital	125	Auditor de calidad
Trípode	Corte	Longitud	72,5 mm - 73,50 mm	Calibrador	125	Practicante
	Corte	Peso de carga	440 g - 460 g	Balanza e/tronica.	125	Practicante
	Forja	Altura del cuerpo	28,40 mm - 29,10 mm	Calibrador	125	Auditor de calidad
	Forja	Corrimiento	0,5 mm	Calibrador	125	Auditor de calidad
	Forja	Grietas/Pliegues	0	Inspección visual	125	Auditor de calidad
Bocin	Calentamiento	Temperatura de forja de la pieza	1100°C - 1300°C	Termocupla	125	Practicante
	Forja	Espesor de la brida	15,8 mm - 16,8 mm	Calibrador	125	Auditor de calidad
	Forja	Run out entre A-B	máximo 1	Sustrand	125	Auditor de calidad
	Forja	Forja incompleta	Forja completa	Inspección visual	125	Auditor de calidad
	Forja	Grietas/Pliegues/Poros	0	Inspección visual	125	Auditor de calidad

Fuente: Los autores

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ESTUDIOS PRELIMINARES Y PROPUESTAS DE MEJORA

En la búsqueda de un adecuado análisis de los resultados de los estudios preliminares, y continuando con la metodología seis sigma, se decidió integrar en éste capítulo la etapa de mejora, ya que surgió la necesidad de dar solución inmediata a las causas especiales presentes en alguno gráficos de control, que permitiera continuar con la secuencia lógica con la posterior realización del análisis de capacidad de cada producto (utilizando procesos bajo control).

Ahora, tal y como se mencionó anteriormente, gran parte de los cálculos, pruebas y estimaciones estadísticas que se realizan con el fin de caracterizar un proceso, basado en datos de mediciones de una variable cuantitativa continua derivados de los estudios preliminares, suponen que se ha obtenido una muestra aleatoria de una distribución de probabilidad aproximadamente normal. Por lo tanto, antes de proceder a realizar cualquier tipo análisis basado en estos datos, es necesario realizar una Prueba de Normalidad (o Test de Normalidad), con el fin de asegurarse de que éste supuesto es válido. A lo largo de este capítulo se trabajará con el test de Kolmogorov-Smirnov⁴⁰, debido a su amplia difusión y a la sencillez de su aplicación, sin embargo existen otras pruebas de normalidad, como el test de Anderson-Darling, el test de Shapiro-Wilk o el test de Ryan-Joiner.

En caso de que el $p - value$ obtenido en la prueba sea menor que el nivel de significancia establecido ($\alpha = 0,05$), se concluye que los datos no provienen de una población normal. Esto impide que se continúe con los cálculos estadísticos, ya que asumir normalidad cuando no se está seguro de ella puede llevar a tomar decisiones erróneas, como declarar un proceso fuera de control cuando en

⁴⁰ En ésta prueba se está interesado en el grado de concordancia entre la distribución de frecuencia muestral y la teórica, bajo el sistema de hipótesis: H_0 : los datos provienen de una población normal y H_1 : Los datos no provienen de una población normal.

realidad lo está, o por el contrario, cuando se declara un proceso bajo control estadístico y en realidad no lo está.

Sin embargo, una alternativa para este caso es hacer uso de transformaciones que permitan llevar los datos a una distribución normal. Para ello se utilizará el Sistema de Familias de Distribuciones de Johnson, con el cual es posible determinar la distribución (dentro de la familia de distribuciones de Johnson) a la que pertenecen los datos, y una vez determinada, realizar transformaciones sobre ellos, con el fin de poder aplicar la teoría clásica de las Cartas de Control. La descripción detallada de éste tipo de transformación se encuentra en el Anexo G.

Hay que hacer claridad en que en esta instancia solo interesa caracterizar y conocer el proceso tal y como es actualmente, más no llevar a cabo el control efectivo en planta de inmediato, ya que previamente, si es el caso, se deben detectar y analizar esas causas especiales que hacen que la variación no sea predecible, para traducirlas en oportunidades de mejora, y estos, a su vez, terminen en planes de control para prevenir que tales fuentes de variación vuelvan a aparecer.

Teniendo en cuenta éste enfoque de pre-control actual, se procederá directamente a evaluar el estado de control mediante la carta $\bar{x} - R$, sin detenerse por el momento a seleccionar el tipo de carta de control más adecuada para lo que ya sería el control en particular. Una vez se haya comprobado la estabilidad del proceso, será el momento de aprovechar el mayor conocimiento del mismo para culminar la etapa de análisis y decidir cuáles serán las condiciones específicas del control.

Siguiendo con esta línea de razonamiento, el paso siguiente es observar el comportamiento de las cartas R y \bar{x} en busca de puntos por fuera de los límites de control que evidencien que la variabilidad o la media del proceso no están

operando a un nivel constante, o en otras palabras, a un nivel diferente a lo que probablemente ocurriría debido a la aleatoriedad, al azar.

Si bien son analizadas por separado, las cartas R y \bar{x} se presentan acompañadas en un solo gráfico, dado que la comparación de los patrones de comportamiento entre las dos cartas suele proporcionar una mayor comprensión acerca de las causas especiales que afectan el proceso. Estas causas deben ser analizadas para identificar claramente cuáles pueden ser las acciones de mejora que prevengan que dichas causas ocurran o vuelvan a aparecer en el futuro.

Finalmente, se procede a realizar el análisis de capacidad, el cual permitirá, calcular indicadores con un alto poder de estimación acerca del desempeño futuro del proceso, puesto que son obtenidos a partir de un comportamiento estadísticamente predecible.

7.1 JUNTA FIJA

Tabla 14. Información primer estudio preliminar Junta Fija

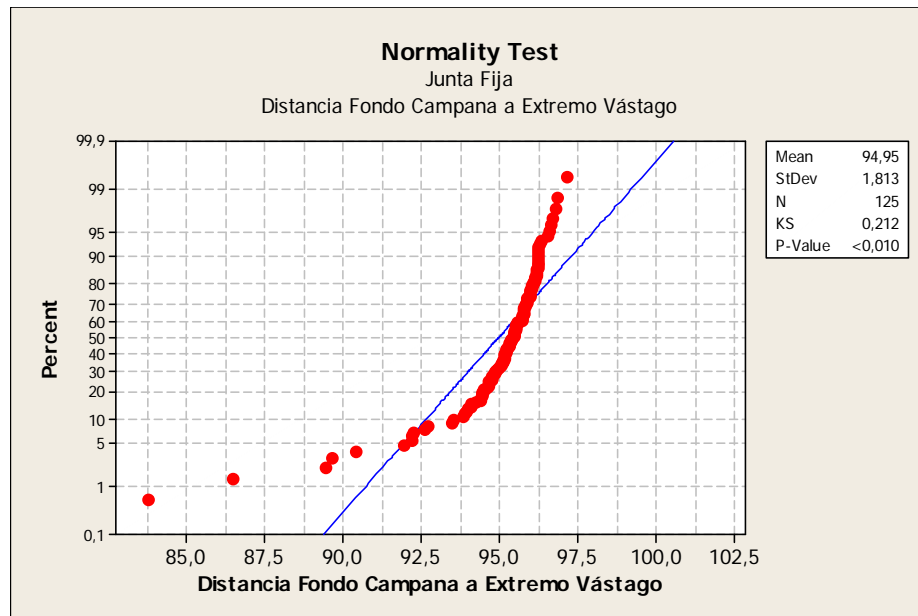
INFORMACIÓN ESTUDIO PRELIMINAR JUNTA FIJA						
Aplicación: Junta Fija Megane	NP: F3638018T	Trazabilidad: T9				
Máquina: Prensa 400	Operario (s): José Barrera, Daniel Camacho, Arley Sánchez					
Fecha: 31/07/2008	Hora Inicio: 9:35 a.m.	Hora Fin: 1:30 p.m.				
CARACTERÍSTICAS CRÍTICAS SELECCIONADAS						
Carácterística	Gage	Unidad de medida	Especificación del cliente			
			Objetivo	Tolerancia	LSL (LEI)	USL (LES)
1. Temperatura de forja de la pieza	Pirómetro láser	°C	1.200	100	1.100	1.300
2. Distancia Fondo Camp. a Ext. Vástago	Gramil Digital	mm	97,60	2,00	95,60	99,60
3. Distancia Fondo a Hombro Campana	Gramil Digital	mm	12,60	1,00	11,60	13,60

Fuente: Plan de Control de Forja (Junta Fija)

7.1.1 Distancia Fondo Campana a Extremo Vástago.

- **Prueba de Normalidad:** Dado que el p – *value* obtenido (menor que 0,01) es menor que el nivel de significancia establecido ($\alpha = 0,05$), se rechaza H_0 , y se concluye que los datos no siguen una distribución normal. Por lo tanto, a continuación se presenta la transformación de los datos.

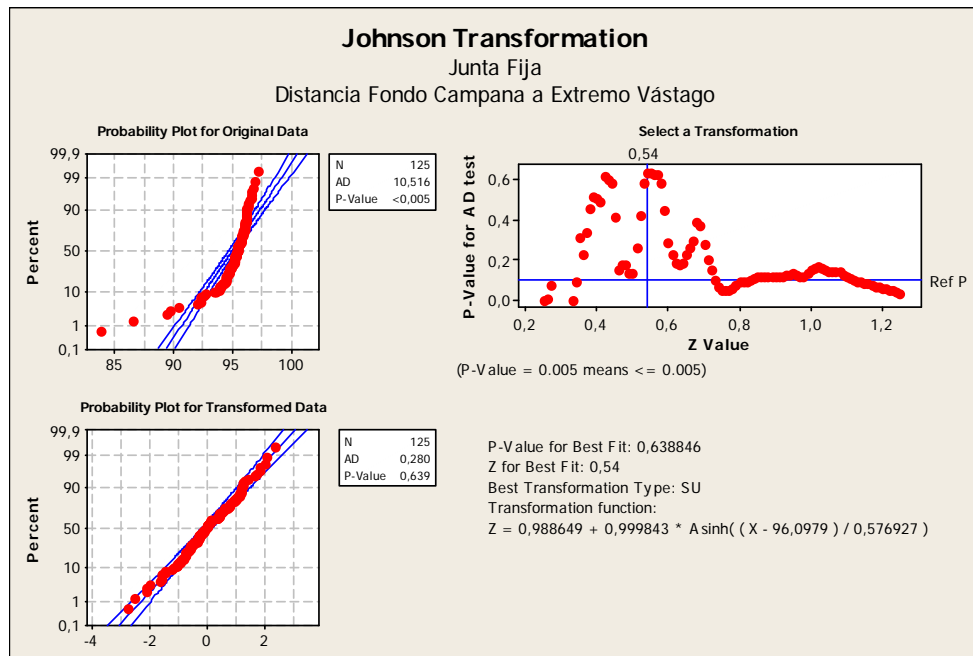
Figura 19. Prueba de Normalidad - Distancia Fondo Campana a Extremo Vástago



Fuente: Minitab

Los resultados de la transformación se analizan de manera análoga al test de hipótesis que se realizó anteriormente para determinar si el conjunto de datos seguía una distribución normal. En este caso (ver Figura 19), el p – *value* obtenido (0,64) es mayor que el nivel de significancia establecido ($\alpha = 0,1$), por lo cual se concluye que los datos transformados si siguen una distribución normal, lo que permite que se prosiga con el análisis del proceso, empezando por verificar si está o no bajo control, examinando la carta de control obtenida a partir de los datos transformados.

Figura 20. Transformación Johnson - Distancia Fondo Campana a Extremo Vástago

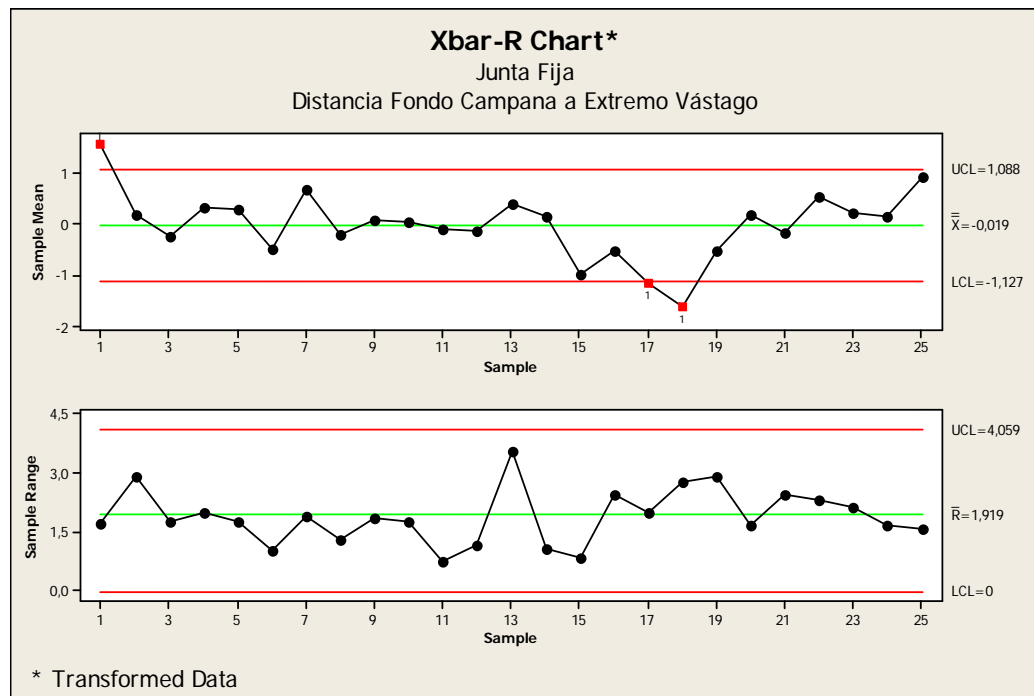


Fuente: Minitab

- **Gráfico de control:** Inicialmente, hay que anotar que, en caso de que a los datos se les aplique la técnica Johnson, la media y los límites de control quedarán expresados en términos de los datos transformados, más no de las mediciones originales de la variable estudiada en su escala real, se requiere que posteriormente se les aplique la función de transformación inversa, de tal forma que sean de utilidad para la que la administración los compare con las especificaciones y se haga una idea del estado de control del proceso, y le sirvan de referencia al responsable del proceso para efectuar el control en la planta. Sin embargo, por el momento solo interesa evaluar la estabilidad del proceso, y para ello, se tomarán como referencia los valores de \bar{x} , LSC y LIC que se acaban de obtener.⁴¹

⁴¹ Más adelante se describirá la forma de transformar la media y los límites de control a su escala real para la implementación de las cartas de control.

Figura 21. Carta $\bar{x} - R$ - Distancia Fondo Campana a Extremo Vástago



Fuente: Minitab

En éste caso se evidencia la presencia de 3 puntos fuera de control en la carta \bar{x} , uno por encima del *LSC* (subgrupo 1) y 2 por debajo del *LIC* (subgrupos 17 y 18), lo que indica que ésta distancia presenta problemas tanto por exceso como por defecto.

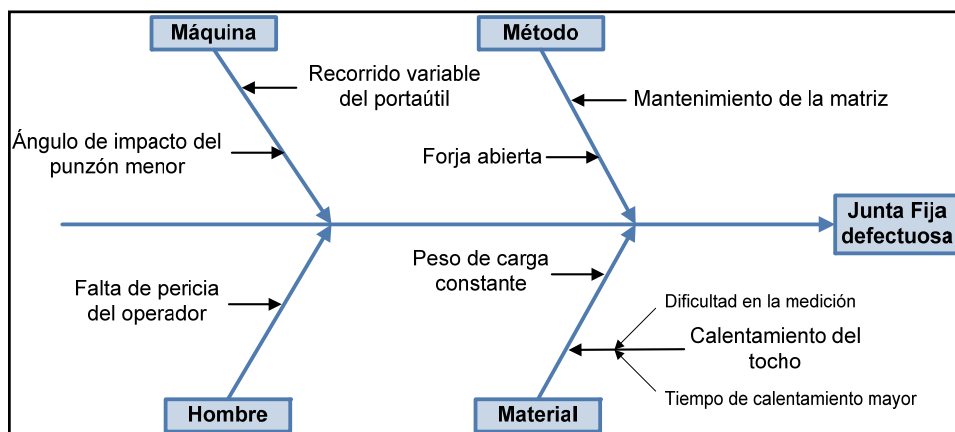
- **Análisis de causas:** Al analizar la situación con el Equipo CEP, se encontró que existen múltiples factores propios del proceso de forja de la junta fija que hacen que ésta dimensión varíe, sin olvidar tomar en consideración el hecho de que la maquinaria cuenta con más de 50 años de operación.

En la reunión también se acordó y se decidió realizar un análisis conjunto de las tres variables críticas de la junta fija, debido a que se encontró que las causas de los problemas examinados en cada característica eran en su gran mayoría las mismas, es decir, que los diferentes factores que afectaban a una

determinada variable, influían al mismo tiempo, aunque de manera diferente, en otras, en parte por la simplicidad que supone el deformar un material hasta que coincida y quede limitado por una forma determinada.

Siendo ésta la situación, y con el fin de consignar de una manera clara y sencilla las relaciones de causa-efecto involucradas en la problemática observada en la Junta Fija, se elaboró un único Diagrama Causa-Efecto cuyo problema se denomina “Junta Fija defectuosa”, pero que no por ello pretende incluir la totalidad de los motivos de rechazo del producto, sino que solo encierra la problemática interrelacionada de las tres características seleccionadas⁴².

Figura 22. Diagrama Causa-Efecto de Junta Fija (Prensa)



Fuente: Los autores

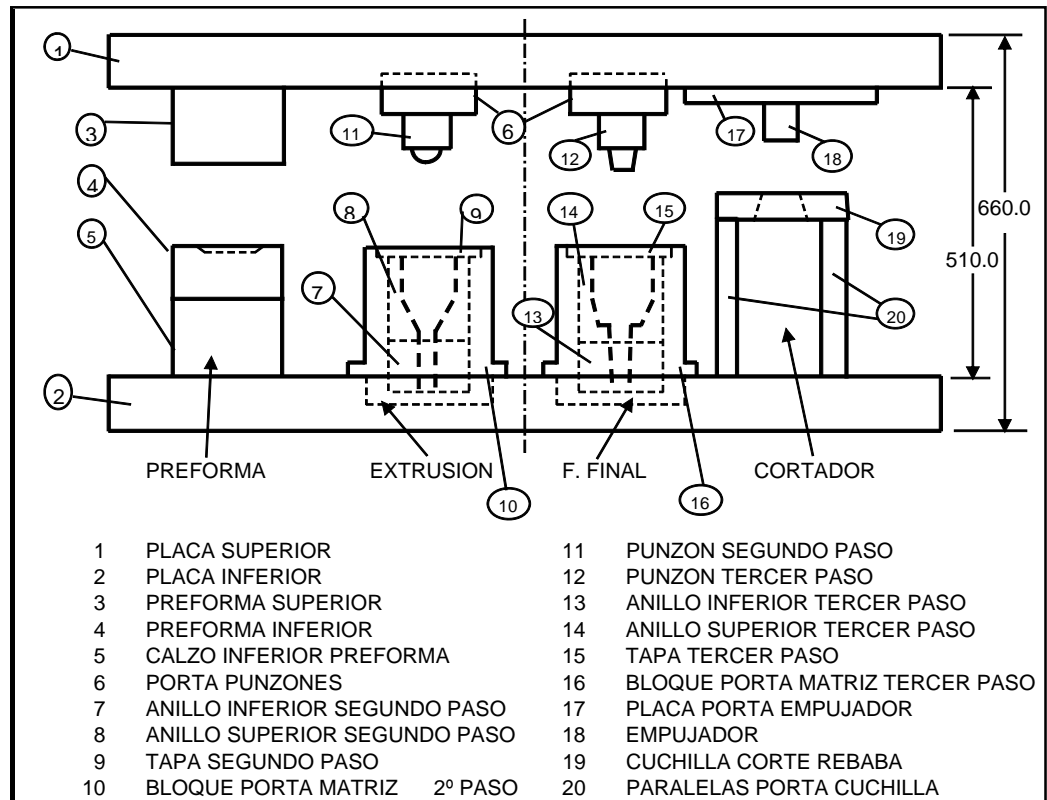
Para dar inicio al análisis hay que partir de la descripción básica del mecanismo de forja de la Prensa, que consta de un sistema mecánico de forja abierta con extrusión⁴³, activado por un sistema eléctrico-neumático.

⁴² Los Diagramas Causa-Efecto de los demás productos se elaborarán de manera análoga a la Junta Fija, es decir, un único diagrama por cada producto, debido igualmente a la naturaleza interrelacionada de las causas encontradas.

⁴³ Tipo de forja que se realiza forzando al material a coincidir con matrices que contienen la forma inversa de la parte deseada, incluyendo la compresión del material para que fluya libremente a través de una abertura.

El proceso de deformación se da en tres etapas definidas por el primer, segundo y tercer paso del herramental, a saber, Preforma, Extrusión y Forma final, tal como se muestra en la siguiente figura:

Figura 23. Plano de matrices de Junta Fija (Prensa)



Fuente: FORCOL

La Distancia Fondo Campana a Extremo Vástago viene definida por el recorrido del punzón (ligado al recorrido del portaútil), tanto para definir el fondo de la campana, como para extruir el vástago hasta su punto más lejano según la cantidad de material, ya que no hay un tope que defina el alcance máximo del extremo del vástago. Por tanto, el Equipo CEP determinó que ésta es la causa de variación más notoria del problema, el recorrido variable del portaútil debido a desajustes de las partes mecánicas, que puede ocasionar que la distancia se exceda o se quede corta.

Otro de los inconvenientes que el Equipo CEP detectó en la máquina tenía que ver con un desnivel que presentaba originado por una inclinación hacia el frente y hacia la derecha (observándola de frente), lo cual ocasionaba que el ángulo de impacto del punzón fuera menor a 90°, que a su vez generaba problemas dimensionales por falta de llenado de material.

Además de los problemas propios de la Prensa, la naturaleza misma del proceso de forja también representaba ciertos inconvenientes, ocasionados principalmente por el desgaste natural que sufren las superficies de una matriz debido a las exigentes condiciones de impacto y temperatura que debe soportar al forjar miles de piezas. Ese desgaste se acentúa hasta tal punto que se debe realizar un mantenimiento a la matriz con el fin de reparar las imperfecciones en las medidas y eliminar cualquier tipo de grietas o rayaduras. Esto implica que se remueva material para realizar el rectificado y el regrabado de las formas, lo cual se ve reflejado en un aumento o crecimiento progresivo de los diámetros.

Al consultar los registros de la empresa⁴⁴, se encontró que la matriz había producido 7420 piezas antes de su primer regrabado⁴⁵. Posteriormente se forjaron 2959 piezas y se realizó mantenimiento. Del 17 al 31 de julio, día en que se realizó este Estudio Preliminar, se forjaron 3473 piezas, por lo que se concluye que el herramental tenía medidas considerablemente mayores a las que tenía cuando fue fabricado⁴⁶.

⁴⁴ Se consultaron los registros denominados “Hoja de Vida de Herramental” e “Historial de Trazabilidad”, donde se especifican, entre otras cosas, los datos relativos a la fabricación de los diferentes productos asociados a las matrices empleadas en cada caso.

⁴⁵ El regrabado de la matriz consiste en la corrección de las medidas del herramental, ya sea porque se evidencia un desgaste significativo (aproximadamente cada 2000 piezas) o porque se determinó utilizarlo para fabricar un producto similar

⁴⁶ La vida útil aproximada de un herramental culmina después del cuarto regrabado.

Ahora bien, si se tiene en cuenta que hay más espacio para que el material fluya al ser deformado, pero la misma cantidad de material, es claro que se van a generar faltantes de material en ciertos puntos que compensan ese llenado adicional en otros. Esto es lo que ocasiona, por ejemplo, que en algunos casos el vástago no extruya lo suficiente cuando el material tiende a fluir más para llenar una campana de mayores proporciones.

En otras ocasiones, también se puede producir el efecto contrario, y es que la Distancia Fondo a Hombro Campana resulte menor debido a una extrusión excesiva del vástago. Este caso ocurre cuando no se consigue una extrusión exitosa⁴⁷ del vástago en el segundo paso, por lo que la pieza llega al tercer paso con un desbalance en el llenado de sus partes, más precisamente, con más material en la campana y menos material en el vástago. En consecuencia, cuando el punzón del tercer paso impacta el material trata de compensar esa situación, ya que encuentra menos resistencia a fluir hacia donde no hay suficiente material, por lo que alcanza una mayor profundidad y lleva material en exceso hacia el vástago (ya que éste no tiene limitantes por tratarse de una forja abierta), generando un faltante en el Fondo de la Campana.

También se detectó una fuente de variación adicional muy importante, y tiene que ver con la materia prima. Por una parte, se sabe que ocasionalmente se pueden forjar piezas con una cantidad de material insuficiente para su adecuado llenado, derivando en los efectos mencionados anteriormente. Esto se debe a que, por diversas circunstancias, algunas piezas exceden el tiempo de calentamiento establecido, y permanecen por tanto tiempo en el horno que el metal se empieza a quemar y se pierde como cascarilla. Adicionalmente, hubo dificultades con el método de medición de la Temperatura de Forja de la

⁴⁷ La extrusión del vástago en el segundo paso se considera exitosa cuando se consigue que alcance al menos un 80% de su longitud final.

Pieza⁴⁸, ya que es complicado para una persona apuntar fijamente el señalador del Pirómetro Láser hacia el tocho en los pocos segundos con los que cuenta (debido a que no se puede dejar que la temperatura del tocho disminuya) y cuidándose de mantenerse a una distancia segura de la Prensa.

Finalmente, no sobra mencionar que la pericia del operador para ejecutar de manera adecuada diferentes tareas tales como posicionar el tocho de manera adecuada en el segundo paso, evitar que las piezas se peguen a la matriz, evitar contratiempos para forjar la pieza una vez sale del horno, entre otros; es de vital importancia para prevenir problemas de falta de llenado.

- **Oportunidades de mejora:** En la Tabla 15 se muestra un resumen con la descripción de las principales causas que afectan el proceso y las acciones de mejora propuestas por el Equipo CEP.

La implementación de las mejoras que requerían de una intervención a la máquina, precisaron de una parada especial de la Prensa durante los primeros 20 días del mes de noviembre de 2008, debido a la magnitud del proceso de mantenimiento que implicaba, ya que, por una parte, era necesario desmontar el portaútil para examinar las partes mecánicas que presentaban inconvenientes, y por otra, la nivelación de la prensa sugería una intervención a los cimientos de la Prensa para insertar laines⁴⁹ que corrigieran la inclinación.

Finalmente se consiguió nivelar la prensa, se cambiaron empaquetaduras en las tapas de los cilindros para eliminar las fugas de aire, se repararon los casquetes y bujes de fricción que propiciaban juego en el movimiento de las bielas y se realizó mantenimiento al sistema de lubricación junto con la inclusión

⁴⁸ Temperatura del tocho justo antes de ser deformado en el primer paso.

⁴⁹ Láminas metálicas de 25 cm x 25 cm cuyo espesor puede oscilar con el fin de que se puedan superponer para conseguir la altura deseada.

de un distribuidor de lubricante, para así corregir y evitar taponamientos de bielas, guías, bujes, entre otros.

Tabla 15. Acciones de mejora propuestas para la Junta Fija

PROBLEMA	CARACTERÍSTICAS AFECTADAS	DESCRIPCIÓN DE LA CAUSA DEL PROBLEMA	PROPUESTAS DE MEJORA
Ángulo de impacto del punzón menor	<ul style="list-style-type: none"> • Distancia Fondo Campana a Extremo Vástago. • Distancia Fondo a Hombro Campana. 	Desnivel de la Prensa originado por una inclinación hacia el frente y hacia la derecha.	Nivelación de la Prensa.
Recorrido variable del portaútil		Desajuste de las partes mecánicas de la Prensa	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio de empaquetaduras en las tapas de los cilindros. • Reparación de sistema de casquetes y bujes de fricción. • Mantenimiento de sistema lubricación.
Falta de material en diferentes puntos.		Naturaleza degenerativa de las superficies de las matrices propia de la forja abierta.	Implementación de incremento progresivo del peso de carga.
Falta de pericia del operador		Algunos operarios no son disciplinados con el adecuado <u>procedimiento de forja</u> .	Refuerzo de las debilidades en cuanto al procedimiento establecido de forja.
Calentamiento del tocho		Ocasionalmente se excede el tiempo de calentamiento del tocho, o se deja enfriar por fuera del horno.	Implementar el cargue y descargue simultaneo de tochos en el horno para controlar con mayor rigurosidad el tiempo de calentamiento del tocho.

Fuente: Los autores

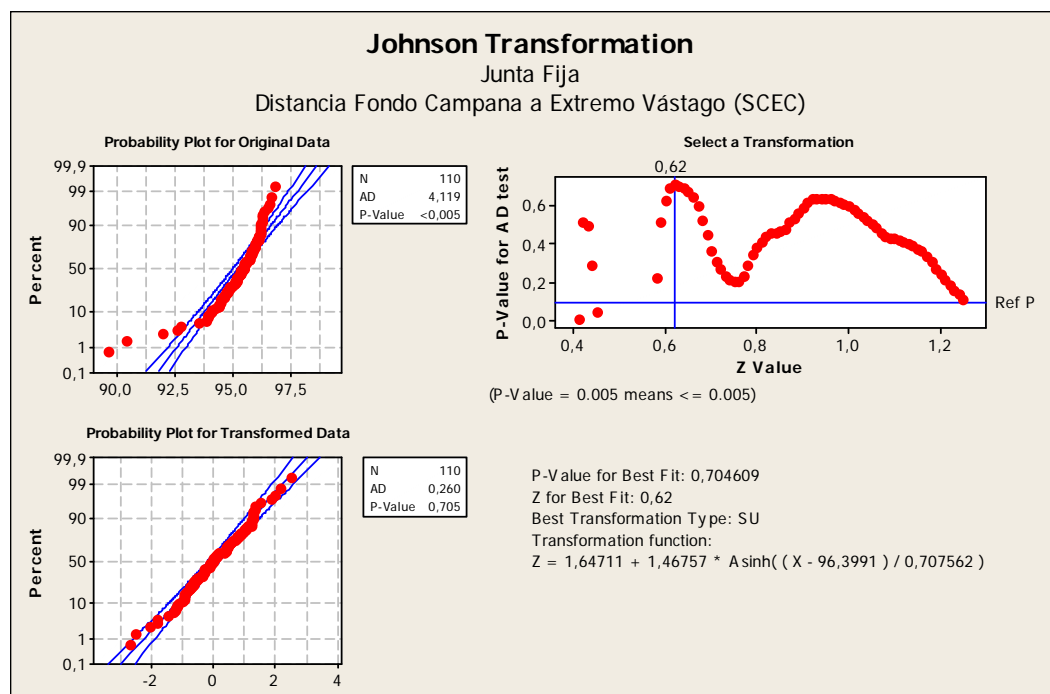
Por su parte, se encontró una forma de lidiar con las repercusiones que ocasionaba el desgaste de las superficies de las matrices, y que sencillamente consiste en incrementar el peso de carga planeado conforme las medidas de la matriz van aumentando, para que no se produzcan faltantes de material que generen variación dimensional pieza a pieza. Sin embargo, el aumento en el peso de carga tiene un efecto secundario, y es que se obtiene una pieza forjada de mayores proporciones en sus diámetros, pero esto no representa mayor inconveniente para el cliente, ya que no les obliga a incurrir en ningún tipo de costo o esfuerzo adicional.

Finalmente se trabajó sobre el componente humano, empleando la capacitación práctica como medio para consolidar la disciplina en la aplicación de los procedimientos que fueron identificados por el Equipo CEP como causantes de problemas ocasionales de calidad. Adicionalmente, las necesidades de control del tiempo de calentamiento que se evidenciaron en éste estudio, hicieron parte

de un proyecto transversal⁵⁰ que se implementó en la empresa, y que gestó la transición del proceso de cargue y descargue por lotes sucesivos, al de cargue y descargue simultáneo, de manera que todas las piezas tuvieran un tiempo de permanencia en el horno similar.

- **Análisis de capacidad:** Dado que ya se identificaron, analizaron y resolvieron las dificultades que sugerían los puntos fuera de control encontrados, es posible eliminar del análisis los datos correspondientes a dichos subgrupos y elaborar una nueva carta $\bar{x} - R$ que se espera se encuentre ahora bajo control. Sin embargo, primero hay que verificar que la transformación del nuevo conjunto de datos sea efectiva:

Figura 24. Transformación Johnson - Distancia Fondo Campana a Extremo Vástago (SCEC)⁵¹.



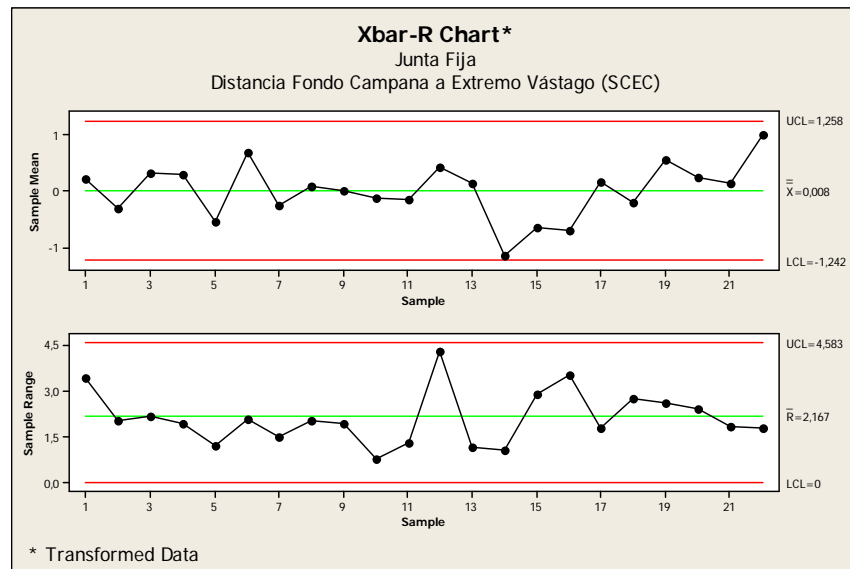
Fuente: Minitab

⁵⁰ Proyecto multidisciplinar que involucró y benefició a todas las áreas de la empresa.

⁵¹ SCEC: sin causas especiales (o asignables) de variación conocidas.

Dado que el p - $value$ obtenido (0,7) es mayor que el nivel de significancia establecido ($\alpha = 0,1$), el nuevo conjunto de datos transformados sigue una distribución normal y presenta el comportamiento que se muestra a continuación:

Figura 25. Carta $\bar{x} - R$ - Distancia Fondo Campana a Extremo Vástago (SCEC)

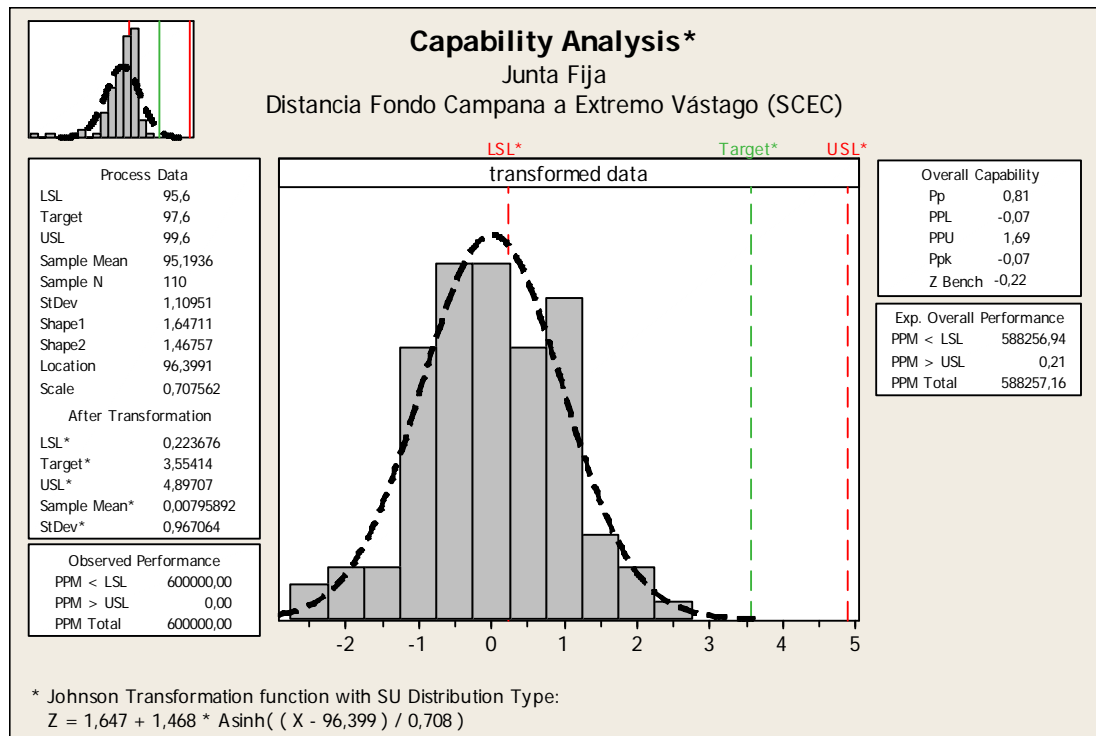


Fuente: Minitab

Ahora que se ha confirmado que el nuevo conjunto de datos se encuentra bajo control estadístico, a continuación se presenta el respectivo análisis de capacidad:

Claramente en la Figura 25, se aprecia que el proceso está descentrado hacia la izquierda, puesto que el grueso de los datos se encuentra concentrado alrededor LIE (inclusive la media del proceso es menor que dicho valor).

Figura 26. Análisis de capacidad - Distancia Fondo Campana a Extremo Vástago (SCEC)⁵²



Fuente: Minitab

Esto se ve reflejado en la diferencia existente entre los valores de P_p y P_{pk} . Adicionalmente, si la situación del proceso continua tal y como está, se espera que se obtenga un índice de PPMs de 600.000 a causa de que la Distancia Fondo Campana a Extremo Vástago se encuentra recurrentemente por debajo de la especificación, lo cual refuerza la conclusión de que el crecimiento de los diámetros de la matriz genera faltantes de material en el extremo del vástago. Sin embargo, se espera que con la implementación de las mejoras en general, y del incremento progresivo del peso de carga en particular, la media del proceso se acerque al centro de la tolerancia, mejorando así los índices de capacidad.

⁵² El análisis de la variación “dentro de subgrupos” que permite calcular C_p y C_{pk} no está disponible en el software debido a que la transformación de Johnson no se basa en el hecho de que los datos están en subgrupos.

7.1.2 Distancia Fondo a hombro campana.

A partir de este punto, se omitirá la presentación de las figuras que acompañan a los cálculos y análisis realizados, a saber: pruebas de normalidad, transformaciones de datos, cartas de control, diagramas causa-efecto y análisis de capacidad. Estos gráficos serán incluidos en su totalidad en el Anexo H.

- **Prueba de Normalidad:** La prueba de normalidad arrojó un $p - value$ de 0,045 (menor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$), por lo que el conjunto de datos no sigue una distribución normal. Al realizar la transformación de Johnson se obtuvo un $p - value$ de 0,71 (mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0,1$). Esto indica que los datos transformados siguen una distribución normal, y se procede entonces a elaborar la carta $\bar{x} - R$.
- **Gráficos de control:** La carta R presenta 1 punto fuera de control (por encima del LSC , mientras que la carta \bar{x} , presenta 5 puntos fuera de control, 3 por encima del LSC (subgrupos 1, 22 y 25) y 2 por debajo del LIC (subgrupos 15 y 18), lo que indica que ésta distancia presenta problemas tanto por exceso como por defecto.
- **Análisis de causas y oportunidades de mejora:** Como se mencionó anteriormente, el Equipo CEP acordó y decidió realizar un análisis conjunto de las tres variables críticas de la junta fija, por lo cual éste ítem ya ha sido expuesto en el apartado 7.1.1.
- **Análisis de capacidad:** Dado que ya se identificaron, analizaron y resolvieron las dificultades que sugerían los puntos fuera de control encontrados, es posible eliminar del análisis los datos correspondientes a dichos subgrupos (1,13, 14,

15, 18, 22 y 25) y elaborar una nueva carta $\bar{x} - R$ que se espera se encuentre ahora bajo control.

La prueba de normalidad del nuevo conjunto de datos arrojó un $p - value$ de 0,150 (mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$), por lo que siguen una distribución normal. Adicionalmente, la gráfica de control basada en estos datos confirma el estado de control estadístico, lo que permite realizar el respectivo análisis de capacidad, el cual muestra un proceso ligeramente descentrado a la izquierda, hecho que nuevamente sugiere que el crecimiento de los diámetros de la matriz ocasiona faltantes de material que hacen que las dimensiones longitudinales de la junta fija tiendan a quedar por debajo del valor objetivo.

7.1.3 Temperatura de forja de la pieza. Como se mencionó en el apartado 7.1.1, las dificultades en el método de medición de la temperatura proporcionaban poca confiabilidad en los datos que pudiera arrojar el instrumento, así que se optó por controlar el tiempo de calentamiento del tocho en el horno, que es una medida más diciente y sencilla de obtener.

7.1.4 Peso de carga (Segundo Estudio). Debido a la magnitud de la operación de mantenimiento que se realizó a la Prensa, era preciso reevaluar los índices de capacidad obtenidos anteriormente, y así poder determinar la efectividad de las acciones de mejora implementadas a principios de 2009. Por esta razón, se determinó la realización de un segundo estudio preliminar que, además de incluir las variables que se midieron en la primera ocasión, tomara en consideración la influencia que podía ejercer el material en tales características, razón por la cual éste estudio también incluyó la medición del peso de carga del tocho y del tiempo de calentamiento del tocho. A continuación se presenta la información relativa al segundo estudio preliminar de la Junta Fija:

Tabla 16. Información segundo estudio preliminar Junta Fija

INFORMACIÓN SEGUNDO ESTUDIO PRELIMINAR JUNTA FIJA						
Aplicación: Junta Fija Logan		NP: F3638007T-1		Trazabilidad: Y7		
Máquina: Prensa 400 ton		Operario (s): Wilson Durán, Daniel Camacho, Luis Cadena, Deiby Acevedo.				
Fecha: 16/07/2009		Hora Inicio: 2:30 p.m.		Hora Fin: 4:30 p.m.		
CARACTERÍSTICAS CRÍTICAS SELECCIONADAS						
Carácterística	Gage	Unidad de medida	Especificación del cliente			
			Objetivo	Tolerancia	LSL (LEI)	USL (LES)
1. Peso de carga	Balanza electrónica	g	2.060	10	2.050	2.070
2. Tiempo de calentamiento del tocho	Cronómetro	s	25,00	-	-	-
3. Distancia Fondo Camp. a Ext. Vástago	Gramil Digital	mm	97,60	2,00	95,60	99,60
4. Distancia fondo a hombro campana	Gramil Digital	mm	12,60	1,00	11,60	13,60

Fuente: Planes de Control de Corte y Forja (Junta Fija)

El peso de carga de cada uno de los tochos se midió con el único fin de cuantificar una variable de referencia a la hora de analizar la causalidad de los problemas dimensionales que se llegaron a presentar en la Junta Fija, por lo cual no se realiza ningún tipo de análisis de estabilidad y/o capacidad.

7.1.5 Tiempo de calentamiento del tocho (Segundo Estudio). Igualmente, el tiempo de permanencia de cada uno de los tochos dentro del horno se midió con el único fin de cuantificar una variable de referencia adicional a la hora de analizar la causalidad de los problemas dimensionales que se llegaron a presentar en la Junta Fija, por lo cual no se realiza ningún tipo de análisis de estabilidad y/o capacidad.

7.1.6 Distancia Fondo Campana a Extremo Vástago (Segundo Estudio).

- **Prueba de Normalidad:** La prueba de normalidad arrojó un $p - value$ menor a 0,010 (menor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$), por lo que el conjunto de datos no sigue una distribución normal. Al realizar la transformación de Johnson se obtuvo un $p - value$ de 0,824 (mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0,1$). Esto indica que los datos transformados siguen una distribución normal, y se procede entonces a elaborar la carta $\bar{x} - R$.

- **Gráficos de control:** La carta \bar{x} solo presenta 1 punto fuera de control por debajo del LIC (subgrupo 11).
- **Análisis de causas:** Éste punto fuera de control precisamente coincide con el subgrupo de máxima permanencia promedio en el horno (35,09 minutos), y que al mismo tiempo proviene de una tendencia creciente que coincide con la tendencia decreciente de ésta variable en el mismo rango. Esto podría insinuar que cuando un tocho permanece por más de 35 minutos en el horno empieza quemarse y a perder material, lo que tendría como consecuencia la falta de llenado en el extremo del vástago, que a su vez, ocasiona que la Distancia Fondo Campana a Extremo Vástago sea menor. Esto confirma lo que se muestra en relación al material en el análisis de causas de esta variable (apartado 7.1.1).
- **Oportunidades de mejora:** Las oportunidades de mejora relacionadas con ésta característica fueron expuestas en el apartado 7.1.1.
- **Análisis de capacidad:** Dado que ya se identificaron, analizaron y resolvieron las dificultades que sugería este punto fuera de control, es posible eliminar del análisis los datos correspondientes al subgrupo 11, y elaborar una nueva carta $\bar{x} - R$ que se espera se encuentre ahora bajo control.

El nuevo conjunto de datos transformados confirman seguir una distribución normal, dado que el $p - value$ obtenido de 0,761 es mayor que el nivel de significancia establecido ($\alpha = 0,1$). Adicionalmente, la gráfica de control basada en estos datos confirma el estado de control estadístico, lo que permite realizar el respectivo análisis de capacidad, el cual muestra que el proceso se encuentra ligeramente descentrado hacia la derecha. Realizando la comparación con el primer estudio de la Junta Fija, se pueden obtener 2 conclusiones. Por una parte, se evidencia que las acciones de mejora

destinadas a centrar el proceso fueron efectivas, mientras que la dispersión del proceso aumentó.

Sin embargo, si se analiza el antes y el después del proceso desde el punto de vista de las consecuencias negativas de sus salidas, es decir, los PPMs, el proceso actual genera menos PPMs por fuera de especificaciones (316.666 en vez de 600.000). Inclusive, en oposición al primer estudio realizado, en donde el total de los PPMs se presentó por debajo del *LEI*, en éste estudio los PPMs por encima del *LSE* (241.666), son mayores que los PPMs por debajo del *LIE* (75.000), situación que resulta más provechosa, debido a que el sobrante de material se puede corregir sin ningún problema, mientras que los faltantes no.

7.1.7 Distancia Fondo a Hombro Campana (Segundo Estudio).

- **Prueba de Normalidad:** La prueba de normalidad arrojó un *p – value* menor que 0,010 (menor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$), por lo que el conjunto de datos no se ajusta a una distribución normal. Al realizar la transformación de Johnson se obtuvo un *p – value* de 0,246 (mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0,1$). Esto indica que los datos transformados siguen una distribución normal, y se procede entonces a elaborar la carta $\bar{x} - R$.
- **Gráficos de control:** La carta \bar{x} presenta 2 puntos fuera de control, uno por encima del *LSC* (subgrupo2) y uno por debajo del *LIC* (subgrupo10), lo que indica que ésta distancia continua presentando problemas tanto por exceso como por defecto.
- **Análisis de causas:** Nuevamente aparece la tendencia decreciente de la medida, que en este caso finaliza en el subgrupo 12, lo cual indica que probablemente el tiempo de calentamiento del tocho esté ocasionando que el

material se queme y pierda material que posteriormente se verá reflejado en un problema de falta de llenado.

- Oportunidades de mejora:** Las oportunidades de mejora están relacionadas con aquellas expuestas anteriormente, particularmente aquellas que contribuyen a prevenir que ésta distancia sea menor, por lo cual hay que hacer énfasis en la disciplina de los operarios es fundamental para finalmente consolidar las dos propuestas aplicables a éste problema: la inspección visual de la extrusión del vástago en el primer paso (que alcance al menos un 80% de su longitud final) y la aplicación del el proceso de cargue y descargue simultáneo en el horno.
- Análisis de capacidad:** Dado que no se ha conseguido llevar esta variable al estado de control, no tiene sentido realizar el análisis de capacidad en este caso. Sin embargo, se elaboró un histograma de frecuencias con el fin de poder realizar una inspección visual del centramiento del proceso con respecto a las especificaciones, el cual permitió observar que este proceso se aún opera muy cerca del *LEI*, dado que la mayoría de los datos se concentra entre dicho límite y el valor objetivo.

7.2 ESPIGA

Tabla 17. Información estudio preliminar Espiga

INFORMACIÓN ESTUDIO PRELIMINAR ESPIGA						
Aplicación: Espiga I-190		NP: F2-54-0001T		Trazabilidad: U4		
Máquina: Recaladora		Operario (s): Wilson Durán, Daniel Camacho, Luis Cadena, Deiby Acevedo.			Hora Fin: 4:30 p.m.	
Fecha: 03/10/2008		Hora Inicio: 2:30 p.m.				
CARACTERÍSTICAS CRÍTICAS SELECCIONADAS						
Carácterística	Gage	Unidad de medida	Especificación del cliente			
			Objetivo	Tolerancia	LSL (LEI)	USL (LES)
1. Diámetro ensamble tubo	Calibrador	mm	65,50	1,00	64,50	66,50
2. Distancia base espiga a asiento vástago	Gramil Digital	mm	49,50	0,80	48,70	50,30
3. Longitud total	Gramil Digital	mm	123,20	0,80	122,40	124,00
4. Forja incompleta	Inspección visual del atributo					

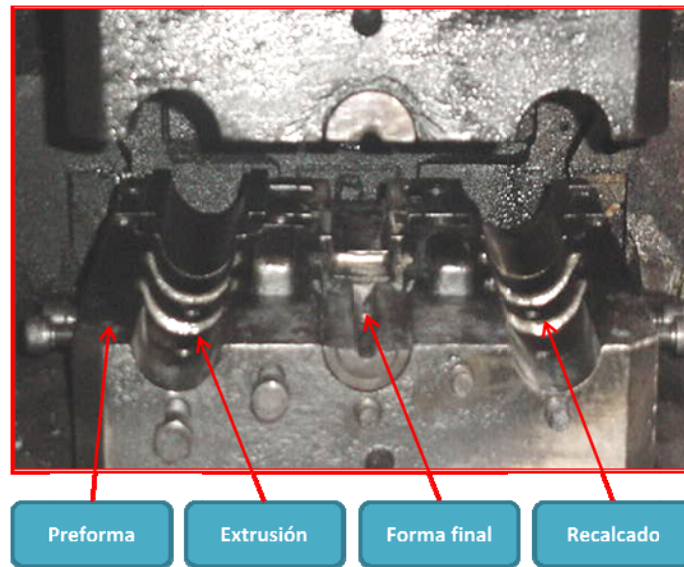
Fuente: Plan de Control de Forja (Espiga)

7.2.1 Diámetro ensamble tubo.

- **Prueba de Normalidad:** La prueba de normalidad arrojó un $p - value$ de 0,150 (mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$), por lo que el conjunto de datos sigue una distribución normal, lo que permite que se elabore la carta $\bar{x} - R$.
- **Gráficos de control:** La carta \bar{x} presenta 2 puntos fuera de control, uno por debajo del LIC (subgrupo 3) y uno por encima del LSC (subgrupo 16), lo que indica que ésta distancia presenta problemas tanto por exceso como por defecto.
- **Análisis de causas:** Al analizar la situación con el Equipo CEP, se encontró que existen unos cuantos factores propios del proceso de recalcado que hacen que influyen en éste diámetro. De manera análoga al análisis presentado en la Junta Fija, también se acordó y se decidió realizar un análisis conjunto de las cuatro variables críticas de la Espiga, debido a la múltiple influencia de una misma causa en varios problemas. Igualmente, la problemática de éstas variables se resume en el diagrama causa-efecto, que se trabajará sobre un único problema denominado “Espiga defectuosa”.

Como punto de partida del análisis, hay que decir que la Recalcadora opera con un sistema mecánico de forja abierta con extrusión, activado por un sistema electro-neumático. Pero el tipo de forja difiere del de la Prensa porque la Recalcadora es más robusta y además la deformación del material no es tan limitada gracias a la luz entre matrices (una fija y una móvil) que permite el escape en forma de rebabas. El proceso de deformación en este caso se da en cuatro etapas definidas por el primer, segundo, tercer y cuarto paso del herramental, a saber, Preforma, Extrusión, Recalado y Forma Final, tal como lo muestra la siguiente figura:

Figura 27. Herramental de Espiga en Recalcadora



Fuente: FORCOL

Estas características propias del proceso de forja en la Recalcadora son las que definen sus principales inconvenientes. Cuando la matriz superior desciende para impactar a la matriz fija, ocasiona una extrusión del vástago que se convierte en la protagonista de la inadecuada distribución del material, creando los faltantes y sobrantes que terminan por ocasionar la falta de llenado o forja incompleta.

Sobre esta mecánica pueden presentarse dos casos. Uno de ellos tiene que ver con la extrusión excesiva del vástago, desplazando más material hacia el extremo y creando una insuficiencia en la cabeza, haciendo que las cavidades de los diámetros no se llenen por completo, y que el vástago termine demasiado largo. El otro caso, que se presenta casi tan frecuentemente como el primero, es el contrario, cuando el vástago no es extruido lo suficiente y en alguno casos no alcanza la longitud mínima. Adicionalmente, la luz que queda entre las dos matrices contribuye ocasionalmente a que se generen esos faltantes de material.

Desde luego que la influencia del desgaste de la matriz también se presenta aquí, y tiene el mismo efecto de crecimiento progresivo de las medidas de los diámetros por el mantenimiento, haciendo cada vez más difícil el llenado en la cabeza, debido a que el empujador tiende a enviar más material en dirección longitudinal hacia el extremo del vástago.

Al consultar los registros de la empresa, se encontró que la matriz había forjado 1762 piezas entre junio y julio. El 25 de septiembre de 2008 se regrabó y forjó 2543 piezas. Luego se realizó mantenimiento y se forjaron 1420 piezas más hasta octubre 3, día en que se realizó este Estudio Preliminar, con un herramental con medidas, en consecuencia, mayores a las que tenía cuando fue fabricado.

Finalmente, la variación en la Espiga también es sensible los problemas del calentamiento del tocho, cuando permanece excesivamente en el horno y pierde material como cascarilla al quemarse. También hay que resaltar aquí que la pericia del operador para ejecutar de manera adecuada los procedimientos de forja es de vital importancia para prevenir problemas de falta de llenado.

- **Oportunidades de mejora:** La descripción de la mayoría de las acciones de mejora ya se realizó cuando se abordaron como posibles soluciones a los problemas de la prensa. Solo resta decir que para hacer frente al problema de la extrusión ilimitada del vástago se ha propuesto que éste sea recalcado más no extruido. Esto se conseguirá empleando palanquillas cuyo diámetro sea igual al del vástago de la pieza, de tal manera que las matrices superior e inferior solo realicen un mínimo ajuste sobre el diámetro del tocho, asegurando que éste no cambie durante la forja y permitiendo, a su vez, que cuando entre el punzón se consiga un llenado pleno de material en la cabeza o campana.

Tabla 18. Acciones de mejora propuestas para la Espiga

PROBLEMA	CARACTERÍSTICAS AFECTADAS	DESCRIPCIÓN DE LA CAUSA DEL PROBLEMA	PROPUESTAS DE MEJORA
Extrusión ilimitada del vástago.	<ul style="list-style-type: none"> • Diámetro ensamble tubo. 	Diámetro del tocho mayor al diámetro final del vástago	<ul style="list-style-type: none"> • Empleo de tochos cuyo diámetro sea igual al del vástago forjado. • Implementación de Horno de Panal.
Falta de material en diferentes puntos.	<ul style="list-style-type: none"> • Distancia base espiga a asiento vástago. 	Naturaleza degenerativa de las superficies de las matrices propia de la forja abierta.	Implementación de incremento progresivo del peso de carga.
Falta de pericia del operador	<ul style="list-style-type: none"> • Longitud total. 	Algunos operarios no son disciplinados con el adecuado procedimiento de forja.	Refuerzo de las debilidades en cuanto al procedimiento establecido de forja.
Calentamiento del tocho	<ul style="list-style-type: none"> • Forja incompleta. 	Ocasionalmente se excede el tiempo de calentamiento del tocho, o se deja enfriar por fuera del horno.	Implementar el cargue y descargue simultaneo de tochos en el horno para controlar con mayor rigurosidad el tiempo de calentamiento del tocho.

Fuente: Los autores

En atención a esta posibilidad, se requiere realizar cambios en el proceso de calentamiento de los tochos, dado que el nuevo método implica deformación solamente en la parte de la cabeza de la pieza y, por tanto, solo será necesario llevar a la temperatura nominal de forja uno de los extremos del tocho.

Por ésta razón, será necesario implementar hornos con una configuración tipo “pichonera” denominados Hornos De Panal, los cuales cuentan con un molde en la entrada de la cámara, que se asemeja a una pared con una serie de agujeros u orificios dispuestos a lo largo de 4 hileras horizontales (2 a cada lado de la cámara) con una capacidad para albergar aproximadamente 25 tochos cada una.

La fabricación de éste horno es sencilla ya que se construye sobre una estructura metálica con aislante térmico en sus paredes, que al aloja en su interior columnas de ladrillo refractario que definen los moldes hechos de Concrax y Baufrax. Todos éstos materiales son de fácil obtención en el mercado regional, y por lo que técnicamente la elaboración de éste horno, es

perfectamente viable⁵³. De conseguirse esto, se asegura que la máquina trabaje de forma continua sin desaprovechar las ventajas del sistema de carga y descarga.

- **Análisis de capacidad:** Dado que no se ha conseguido llevar esta variable al estado de control, no tiene sentido realizar el análisis de capacidad en este caso. Sin embargo, se elaboró un histograma de frecuencias con el fin de poder realizar una inspección visual del centramiento del proceso con respecto a las especificaciones, el cual permitió observar que este proceso está notablemente descentrado hacia la derecha, ya que casi la totalidad de los datos se encuentran por encima del *LES*, lo cual es un resultado de esperarse teniendo en cuenta el desgaste de la matriz del que se ha venido hablando.

7.2.2 Distancia base espiga a asiento vástago.

- **Prueba de Normalidad:** La prueba de normalidad arrojó un *p – value* de 0,150 (mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$). por lo que el conjunto de datos sigue una distribución normal, y se procede a elaborar la carta $\bar{x} - R$.
- **Gráficos de control:** La carta \bar{x} presenta 6 puntos fuera de control, 2 por debajo del *LIC* (subgrupos 1 y 2) y 4 por encima del *LSC* (subgrupos 15, 17, 18 y 19), lo que indica que ésta distancia presenta problemas tanto por exceso como por defecto. Sin embargo, en el caso de esta variable, no se trata de puntos aislados que se salen de control, sino que se puede observar una marcada tendencia creciente de las medias.

⁵³ La implementación de éste horno se encuentra presupuestada para el año 2009 debido a que su valor se aproxima a los \$10.000.000.

- **Análisis de causas:** El aspecto a destacar en este caso, dada la particularidad de la tendencia creciente observada, tiene que ver con el desgaste de los punzones, ya éstos son los que definen en qué punto queda la base de la espiga al deformar el material. Por tanto, a medida que se van forjando más piezas el desgaste ocasiona que la base de la espiga se aleje cada vez más del asiento del vástago, aumentando así la distancia entre ellos.

De aquí en adelante, para las variables Longitud Total y Forja incompleta, el análisis de causas al igual que las oportunidades de mejora, serán las mismas mencionadas en el apartado 7.2.1 debido al análisis conjunto de la espiga, realizado por el equipo CEP.

- **Análisis de capacidad:** Dado que no se ha conseguido llevar esta variable al estado de control, no tiene sentido realizar el análisis de capacidad en este caso. Sin embargo, se elaboró un histograma de frecuencias con el fin de poder realizar una inspección visual del centramiento del proceso con respecto a las especificaciones, el cual permitió observar que este proceso está notablemente descentrado hacia la derecha, ya que casi la totalidad de los datos se encuentran por encima del *LES*, lo cual es un resultado de esperarse teniendo en cuenta el desgaste de la matriz del que se ha venido hablando.

7.2.3 Longitud total.

- **Prueba de Normalidad:** La prueba de normalidad arrojó un *p – value* menor que 0,010 (menor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$), por lo que el conjunto de datos no se ajusta a una distribución normal. Al realizar la transformación de Johnson se obtuvo un *p – value* de 0,153 (mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0,1$). Esto indica que los datos transformados siguen una distribución normal, y se procede entonces a elaborar la carta $\bar{x} - R$.

- **Gráficos de control:** La carta R presenta 1 punto fuera de control por encima del LSC (subgrupo 22), mientras que la carta \bar{x} , presenta 7 puntos fuera de control, 3 por encima del LSC (subgrupos 19, 20 y 21) y 4 por debajo del LIC (subgrupos 1, 2, 12 y 17), lo que indica que ésta distancia presenta problemas tanto por exceso como por defecto.
- **Análisis de capacidad:** Dado que no se ha conseguido llevar esta variable al estado de control, no tiene sentido realizar el análisis de capacidad en este caso. Sin embargo, se elaboró un histograma de frecuencias con el fin de poder realizar una inspección visual del centramiento del proceso con respecto a las especificaciones, el cual permitió observar que este proceso está notablemente descentrado hacia la izquierda, ya que gran parte de los datos se encuentran por debajo del LEI .

Adicionalmente hay 2 hechos que llaman la atención. El primero de ellos, es que se observa una distribución de frecuencias bimodal. En segundo lugar, si se compara el valor obtenido para la mediana ($\tilde{x} = 122,18$) con el límite inferior de especificación ($LIE = 122,4$), es posible afirmar que aproximadamente el 50% de los datos se ubican por debajo del LEI , mientras que el otro 50% se ubica por encima. Esto refuerza la idea de que en algunas ocasiones el vástago si extruye y en otras no, dado que la distancia desde la base de la espiga al asiento del vástago se encuentra mayoritariamente por encima del LES , por lo que la alta variabilidad de la longitud total se puede atribuir a la variabilidad presente en la extrusión del vástago.

7.2.4 Forja incompleta.

- **Gráfico de control:** La carta p presenta 2 puntos fuera de control (por debajo del LIC), correspondientes a muestras en donde no se encontraron piezas defectuosas por Forja Incompleta en Extremo Vástago. Esto implica que la

mayoría de los subgrupos son motivo de rechazo, lo cual guarda coherencia con el análisis correspondiente a la Longitud Total, en donde se concluye que gran parte de los problemas encontrados tienen su origen en una extrusión insuficiente del vástago.

- **Análisis de capacidad:** Debido a que no se ha conseguido llevar esta variable al estado de control, no tiene sentido realizar el análisis de capacidad en este caso. Sin embargo, se elaboró un histograma de frecuencias con el fin de poder realizar una inspección visual de la cercanía del proceso con respecto al objetivo (cero defectos), el cual permitió observar que este proceso se aleja considerablemente de dicho objetivo, tanto así que la moda corresponde a un 100% y la mediana se encuentra en 80%. Esto quiere decir que, por una parte, lo más frecuente es encontrar muestras con la totalidad de las piezas defectuosas, y por otra parte, que en el 50% de las muestras examinadas se encuentran al menos 4 piezas defectuosas (de las 5).

7.3 BOCÍN

Tabla 19. Información estudio preliminar Bocín

INFORMACIÓN ESTUDIO PRELIMINAR BOCÍN						
Aplicación: Bocín Opra		NP: F22025-T		Trazabilidad: T3		
Máquina: Martillo 6.300		Operario (s): Rubén Ruiz, Daniel Camacho, Wilson Durán, Abelardo Vesga.				
Fecha: 14/08/2008		Hora Inicio: 9:30 p.m.		Hora Fin: 1:00 p.m.		
CARACTERÍSTICAS CRÍTICAS SELECCIONADAS						
Carácterística	Gage	Unidad de medida	Especificación del cliente			
			Objetivo	Tolerancia	LSL (LEI)	USL (LES)
1. Temperatura de forja de la pieza	Pirómetro láser	°C	1.200	100	1.100	1.300
2. Espesor de la brida		mm	16,30	0,50	15,80	16,80
3. Run Out entre A-B		mm	0,00	1,00	0,00	1,00
4. Forja incompleta	Inspección visual del atributo					
5. Grietas/Pliegues/Poros	Inspección visual del atributo					

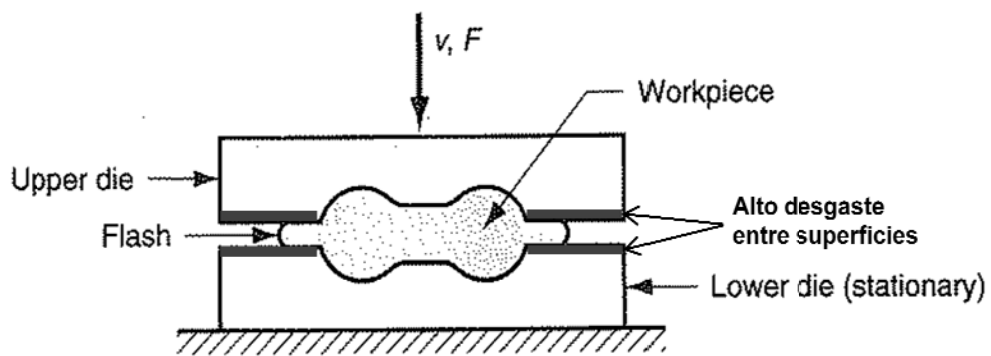
Fuente: Plan de Control de Forja (Bocín)

7.3.1 Temperatura de forja de la pieza. Como se mencionó en el apartado 7.1.1, las dificultades en el método de medición de la temperatura proporcionaban poca confiabilidad en los datos que pudiera arrojar el instrumento, así que se optó por no tener en cuenta esta variable dentro del estudio.

7.3.2 Espesor de la brida.

- **Prueba de Normalidad:** La prueba de normalidad arrojó un α mayor a α_0 (mayor que el nivel de significancia α_0), por lo que el conjunto de datos sigue una distribución normal, y se procede a elaborar la carta \bar{X} -R.
- **Gráficos de control:** La carta \bar{X} -R se encuentra bajo control, por lo que se procederá directamente al análisis de capacidad.
- **Análisis de capacidad:** El proceso se encuentra ligeramente descentrado hacia la izquierda, lo cual es razonable al detenerse a pensar en que en ésta máquina no solo se presenta desgaste de las matrices en los grabados que dan forma al material, sino que además se presenta un alto desgaste en las superficies en que las dos matrices se impactan directamente, es decir, en donde se presentan contacto entre sí, como lo muestra la siguiente figura:

Figura 28. Esquema del sistema de matrices del Martillo de 6300 toneladas



Fuente: Los autores

Por esta razón, la distancia entre las matrices se reduce progresivamente y, en consecuencia, el espesor de la brida, que depende directamente de dicha distancia se reduce.

Al consultar los registros de la empresa, se encontró que la matriz inició trabajos el 23 de mayo de 2008 forjando 970 piezas, y que después del primer mantenimiento produjo 1030 piezas más, hasta que se realiza el primer regrabado. El 8 de agosto inició la producción de 3055 piezas hasta el 15 de agosto, un día después de la realización de este Estudio Preliminar, por lo que el herramental ya presentaba el desgaste en cuestión.

7.3.3 Run Out⁵⁴ entre A-B.

- **Prueba de Normalidad:** La prueba de normalidad arrojó un p – *value* mayor a 0,150 (mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$), por lo que el conjunto de datos sigue una distribución normal, y se procede a elaborar la carta $\bar{x} - R$.
- **Gráficos de control:** La carta R solo presenta 1 punto fuera de control por encima del LSC (subgrupo 8), lo que indica que la variabilidad de la medida llegó a un nivel muy alto.
- **Análisis de causas:** El Equipo CEP determinó que al igual que los otros productos, se realizará un análisis conjunto de las cinco variables críticas del Bocín, debido a la múltiple influencia de una misma causa en varios problemas.

⁵⁴ Run Out es el término que se usa para caracterizar a un cuerpo con simetría radial que no conserva uniformidad en el giro. Esa uniformidad se viene determinada por la máxima desviación detectada por un palpador durante el giro, es decir la diferencia entre la máxima distancia y la mínima distancia entre el palpador y la superficie diametral

La problemática de éstas variables se resume en el diagrama causa-efecto, que se trabajará sobre un único problema denominado “Bocín defectuoso”.

El principal factor causante de la variabilidad en esta característica está relacionado con el método de medición, ya que se encontró que se estaba realizando de manera inapropiada, ya que anteriormente, la pieza se hacía girar sujeta de solo uno de sus extremos, el lado cubo, sin ninguna referencia en el otro punto, de tal manera que no se contaba con la seguridad de que en realidad existiera una alineación con el eje A-B.

- **Oportunidades de mejora:** La solución adoptada para corregir esto, fue la adaptación de un nuevo sistema de sujeción para medir, de manera que la pieza es sujeta en el lado cubo por una copa de tres mordazas autocentrable, y en el lado rueda se hace punto fijo en la base de la brida. Así, la pieza no queda libre sino que se ajusta por presión en los dos extremos, garantizando así la alineación con el eje A-B.

A continuación se muestra una tabla resumen que incluye la descripción de las demás causas que afectan el proceso de fabricación de las características seleccionadas y las acciones de mejora propuestas:

Tabla 20. Acciones de mejora propuestas para el Bocín

PROBLEMA	CARACTERÍSTICAS AFECTADAS	DESCRIPCIÓN DE LA CAUSA DEL PROBLEMA	PROPUESTAS DE MEJORA
Alta variabilidad en Run Out A-B.	Run Out	Método de medición de Run Out inapropiado	Adaptación de un nuevo sistema de sujeción para medir.
Falta de material en diferentes puntos.	<ul style="list-style-type: none"> • Espesor de la brida. • Forja incompleta. 	Naturaleza degenerativa de las superficies de las matrices propia de la forja abierta.	Implementación de incremento progresivo del peso de carga.
Falta de pericia del operador		Algunos operarios no son disciplinados con el adecuado procedimiento de forja.	Refuerzo de las debilidades en cuanto al procedimiento establecido de forja.
Calentamiento del tocho		Ocasionalmente se excede el tiempo de calentamiento del tocho, o se deja enfriar por fuera del horno.	Implementar el cargue y descargue simultaneo de tochos en el horno para controlar con mayor rigurosidad el tiempo de calentamiento del tocho.

Fuente: Los autores

La descripción del resto de las acciones de mejora ya se realizó cuando se abordaron como posibles soluciones a los problemas de la prensa.

- **Análisis de capacidad:** Dado que ya se identificaron, analizaron y resolvieron las dificultades que sugería el punto fuera de control encontrado, es posible eliminar del análisis los datos correspondientes al subgrupo 8, y elaborar una nueva carta $\bar{x} - R$. La gráfica de control basada en estos datos confirma el estado de control estadístico, lo que permite realizar el respectivo análisis de capacidad, el cual muestra que la media del proceso se encuentra muy cerca del máximo permitido por la especificación, haciendo que gran parte de los datos se encuentre por encima de éste valor, seguramente debido a la variabilidad generada por el equivocado método de medición.

7.3.4 Forja incompleta.

- **Gráfico de control:** La carta p no presenta ningún punto fuera de control, por lo que no se evidenció problema alguno con respecto a esta característica. Esto sucede debido a que la característica fue seleccionada debido al alto NPR que presentaba en el AMEF, pero como éste valor se obtuvo de la ya mencionada actualización de la severidad basada en los RMD del cliente, los cuales incluyen el historial de rechazos de dos años atrás, tiempo en el cual el problema se ha dejado de presentar.
- **Análisis de capacidad:** Dado que todos los valores son iguales a cero, no se puede realizar ningún tipo de cálculo.

7.3.5 Grietas/Pliegues/Poros.

- **Gráfico de control:** La carta p no presenta ningún punto fuera de control, por lo que no se evidenció problema alguno con respecto a esta característica. La razón por la que se obtiene éste resultado es análoga a lo manifestado en la característica anterior, de manera que se corroboró que este problema ya no se presentaba.
- **Análisis de capacidad:** Dado que todos los valores son iguales a cero, no se puede realizar ningún tipo de cálculo.

7.4 TRICETA

Tabla 21. Información estudio preliminar Triceta

INFORMACIÓN ESTUDIO PRELIMINAR TRICETA							
Aplicación: Triceta Gi 2600i	NP: F350818T		Trazabilidad:				
Máquina: Sierra Cosen y Prensa 400	Operario (s): Luis Cadena, José Barrera, Oscar García, Diego Araque						
Fecha: 09/05/2009	Hora Inicio: 9:00 a.m.		Hora Fin: 1:00 p.m.				
CARACTERÍSTICAS CRÍTICAS SELECCIONADAS							
Carácterística	Gage	Unidad de medida	Especificación del cliente				
			Objetivo	Tolerancia	LSL (LEI)	USL (LES)	
1. Longitud	Calibrador	mm	73,00	0,50	72,50	73,50	
2. Peso de carga	Balanza electrónica	g	450,00	10,00	440,00	460,00	
3. Altura del cuerpo	Calibrador	mm	28,40	0,00	0,70	28,40	29,10
4. Corrimiento	Calibrador	mm	0,00	0,50	0,00	0,50	
5. Grietas/Pliegues	Magnaflex		Inspección visual del atributo				

Fuente: Plan de Control de Forja (Triceta)

7.4.1 Longitud de Corte.

- **Prueba de Normalidad:** La prueba de normalidad arrojó un $p - value$ menor a 0,010 (menor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$), por lo que el conjunto de datos no sigue una distribución normal. Al realizar la transformación de Johnson se obtuvo un $p - value$ de 0,301 (mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0,1$).

Esto indica que los datos transformados siguen una distribución normal, y se procede entonces a elaborar la carta $\bar{x} - R$.

- **Gráficos de control:** La carta $\bar{x} - R$ se encuentra bajo control, por lo que se procederá directamente al análisis de capacidad.
- **Análisis de capacidad:** El proceso se encuentra excesivamente descentrado hacia la derecha, situación que es propiciada intencionalmente, dado que en esta fecha ya es común la práctica del incremento progresivo del peso de carga, haciendo que la media se aleje cada vez más del objetivo.

7.4.2 Peso de carga.

- **Prueba de Normalidad:** La prueba de normalidad arrojó un $p - value$ mayor a 0,150 (mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$), por lo que el conjunto de datos sigue una distribución normal, y se procede entonces a elaborar la carta $\bar{x} - R$.
- **Gráficos de control:** La carta R presenta 2 puntos fuera de control por encima del LSC (subgrupos 1 y 15), lo que indica que la variabilidad de la medida llegó a un nivel muy alto en dos ocasiones.
- **Análisis de causas:** La variabilidad presente en estos dos puntos coincide, y efectivamente se debe a que tanto el tocho # 2 como el tocho # 74 fueron obtenidos a partir de los extremos de dos palanquillas, que por regla general tienen un poco más de material que el resto de la palanquilla, haciendo que su peso, y en ocasiones el peso del subsiguiente tocho obtenido, sea mayor.
- **Oportunidades de mejora:** Para este problema se sugiere realizar la distinción de los tochos obtenidos a partir de los extremos de la palanquilla, para

posteriormente recuperarlos del lote, determinar el peso de cada uno y decidir acerca de la conveniencia de que permanezcan o sean retirados del lote. Esto se puede conseguir mediante un sencillo marcaje de los primeros 20 cm de cada palanquilla, de tal manera que luego sean identificados fácilmente.

- **Análisis de capacidad:** Dado que ya se identificaron, analizaron y resolvieron las dificultades que sugería el punto fuera de control encontrado, es posible eliminar del análisis los datos correspondientes a los subgrupos 1 y 15, y elaborar una nueva carta $\bar{x} - R$. Sin embargo, la gráfica de control basada en estos datos permanece fuera de control estadístico, por lo que no tiene sentido realizar el análisis de capacidad en este caso.

Sin embargo, si se examina cuidadosamente la evolución del gráfico de \bar{x} , se puede observar un cambio radical en el proceso entre los subgrupos 15 y 16. Mientras que antes del subgrupo 15 el proceso se mantenía por encima de la media e inclusive incursionaba más allá del LSE , a partir del subgrupo 16 el proceso se mantiene por debajo de la media. Ahora, teniendo en cuenta que el proceso de corte se encuentra bajo control, y que el cambio mencionado en el proceso coincide con el cambio de la palanquilla, la conclusión que salta a la vista es que a pesar de la cortadora opera adecuadamente, no se obtiene la salida deseada en el peso de carga porque las palanquillas cuentan con secciones diferentes entre sí.

Para finalizar, se elaboró un histograma de frecuencias con el fin de poder realizar una inspección visual de la cercanía del proceso con respecto al objetivo (cero defectos), el cual permitió observar que el proceso se encuentra considerablemente descentrado hacia la derecha, situación que como ya se mencionó es propiciada intencionalmente y proviene del ajuste de la longitud para realizar el incremento progresivo del peso de carga.

7.4.3 Altura del cuerpo⁵⁵

- **Prueba de Normalidad:** La prueba de normalidad arrojó un $p - value$ de 0,022 (menor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$), por lo que el conjunto de datos no sigue una distribución normal. Al realizar la transformación de Johnson se obtuvo un $p - value$ de 0,635 (mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0,1$). Esto indica que los datos transformados siguen una distribución normal, y se procede entonces a elaborar la carta $\bar{x} - R$.
- **Gráficos de control:** La carta $\bar{x} - R$ se encuentra bajo control, por lo que se procederá directamente al análisis de capacidad.
- **Análisis de capacidad:** Se observa un proceso considerablemente descentrado hacia la derecha, tanto así que casi la totalidad de los datos se encuentra por encima del LES . Sin embargo, este resultado es de alguna manera deseable, ya que en ciertas ocasiones, como en éste caso, es más provechoso tomar las medidas necesarias para permitir que la totalidad de la dispersión del proceso se encuentre por encima del LIE , a pesar de que esto implique que la media del proceso se aleje del objetivo, debido a que de las piezas por encima de especificaciones no implican ningún esfuerzo adicional por parte del cliente dentro de su proceso productivo, mientras que las piezas por debajo de especificaciones se convierten en *scrap* irrecuperable.

Esto, sumado al hecho de que el cliente siempre recibe sin ningún problema estas piezas bajo una desviación de ingeniería⁵⁶, se convierte en una buena

⁵⁵ Dado que éste estudio pretende indagar acerca de las relaciones de causalidad entre los procesos de corte y forja, los subgrupos que son eliminados debido al análisis de las variables Longitud de Corte o Peso de Carga, son automáticamente eliminados de las variables relacionadas con la forja.

justificación para solicitar al cliente un ajuste en los límites de especificación actuales, lo cual, de ser aprobado, permitiría que FORCOL no presente bajos índices de capacidad en esta característica sin razón de ser. Adicionalmente, el incremento en los costos que implica fabricar piezas con mayor cantidad de material se compensaría con creces con la disminución de las piezas catalogadas como *scrap*.

7.4.4 Corrimiento

- **Prueba de Normalidad:** La prueba de normalidad arrojó un $p - value$ mayor a 0,150 (mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$), por lo que los datos siguen una distribución normal, y se procede entonces a elaborar la carta $\bar{x} - R$.
- **Gráficos de control:** La carta $\bar{x} - R$ se encuentra bajo control, por lo que se procederá directamente al análisis de capacidad.
- **Análisis de capacidad:** Se observa que el proceso se encuentra considerablemente descentrado hacia la derecha, tanto así que casi la totalidad de los datos se encuentra por encima del *LES*. Sin embargo, éste resultado tiene una explicación, y es que su variabilidad en gran parte es ajena a la máquina y propia del proceso de elaboración de las matrices. La fabricación de las matrices el trípode se realiza en un centro de mecanizado, y una vez recibida, se elabora a partir de ellas un molde de la pieza en yeso, el cual es enviado al cliente para su evaluación y aprobación. Dicho molde por lo general posee un corrimiento de $0,3\text{ mm}$, y es siempre aprobado porque la especificación es de máximo $0,5\text{ mm}$. Lo que no se tiene en cuenta es que dicho molde se obtiene en condiciones ideales, es decir, con las matrices tal y como fueron recibidas y sin haberlas montado en la máquina, por lo cual,

⁵⁶ Autorización del cliente para apartarse de los requisitos (especificaciones) originalmente establecidos de un producto, antes de su realización

cuando se inicia el proceso de forja, surgen las fuentes de variación relacionadas con el desgaste de las matrices y con el corrimiento propio de la máquina, que viene dado por la alineación entre las matrices superior e inferior. Por lo tanto, para cumplir con la especificación del cliente, se debe conseguir que la variación de la máquina no supere los $0,2\text{ mm}$, lo cual, si se tiene en cuenta que ésta pieza es relativamente pequeña para una máquina de trabajo pesado con tantos años de operación a cuestas, es una exigencia bastante difícil de satisfacer.

La alternativa de solución para este problema es cambiar el proceso de elaboración de la matriz, y fabricarla por electroerosionado⁵⁷, con el cual la matriz elaborada gozaría de ventajas como una mayor precisión en las dimensiones y la disminución de la rugosidad en el acabado superficial, con lo cual mejoraría la fluencia del material al ser deformado reduciendo por tanto el desgaste y, a su vez, permitiría fabricar las matrices en un material de mayor dureza. Sin embargo, la implementación de éste método se ve impedida por la poca experiencia en el grabado de matrices de forja con la que cuentan los proveedores regionales de éste servicio (máquina erosionadora), a pesar de que los costos en comparación con los centros de mecanizados son similares.

7.4.5 Grietas/Pliegues

- **Gráfico de control:** La carta p no presenta ningún punto fuera de control, por lo que no se evidenció problema alguno con respecto a esta característica.
- **Análisis de capacidad:** Dado que todos los valores son iguales a cero, no se puede realizar ningún tipo de cálculo.

⁵⁷ El proceso de electroerosión consiste en la generación de un arco eléctrico entre una pieza (en éste caso el bloque para la matriz) y un electrodo en un medio dieléctrico para arrancar partículas de la pieza hasta conseguir reproducir en ella las formas del electrodo.

7.5 RESUMEN ESTUDIOS PRELIMINARES

Tabla 22. Índices de capacidad y desempeño

RESUMEN ESTUDIOS PRELIMINARES											
PRODUCTO	CARACTERÍSTICA	NORMALIDAD	TRANSFORMACIÓN	CONTROL DEL PROCESO		CAPACIDAD DEL PROCESO					Z _{Bench}
				SI	NO	Cp	Cpk	Pp	Ppk	Cpm	
Junta Fija	Distancia fondo campana a extremo vástago	No	Si	X		-	-	0,81	-0,07	-	0,38
	Distancia fondo a hombro campana	Si	No	X		1,59	1,08	1,47	1,00	0,84	
Junta Fija (Segundo estudio)	Distancia fondo campana a extremo vástago	No	Si	X		-	-	0,33	0,21	-	-
	Distancia fondo a hombro campana	No	Si		X	-	-	-	-	-	
Espiga	Diámetro ensamble tubo	Si	No		X	-	-	-	-	-	-
	Distancia basa espiga a asiento vástago	Si	No		X	-	-	-	-	-	
	Longitud total	No	Si		X	-	-	-	-	-	
	Forja incompleta	-	-		X	-	-	-	-	-	
Cubo Rueda	Espesor de la brida	Si	No	X		1,65	0,95	1,49	0,86	0,69	0,48
	Run out entre A-B	Si	No	X		-	0,15	-	0,16	-	
	Grietas/pliegue/poros	-	-	X		-	-	-	-	-	
	Forja incompleta	-	-	X		-	-	-	-	-	
Trípode	Longitud	No	Si	X		-	-	0,2	-1,08	-	(-)1,65
	Peso de carga	Si	No		X						
	Altura del cuerpo	No	Si	X		-	-	0,47	-0,56	-	
	Corrimiento	Si	No	X		2,04	-0,60	1,87	-0,55	-	
	Grietas/Pliegues	-	-	X		-	-	-	-	-	

Fuente: Los autores

En la tabla anterior, se muestra resumen de los indicadores de capacidad de aquellos procesos que se lograron llevar al estado de control estadístico, donde se evidencia que en algunos casos, como los de la Distancia Fondo Campana a Extremo Vástago de la Junta Fija y la Altura del Cuerpo de la Triceta, la acción administrativa en el sistema es requerida para mejorar los índices, ya que reducir la variación inherente de las máquinas usualmente requiere de una alta inversión. En los demás casos el bajo desempeño⁵⁸ se debe, como ya se mencionó, a medidas intencionales que se han tomado para evitar que la variación del proceso se extienda más allá del *LIE*.

También se incluyó el nivel sigma ($Z_{Benchmark}$) de cada proceso obtenido a partir de la variable de control representativa del mismo (entre los indicadores disponibles) debido a su mayor criticidad para el cliente, según lo define la severidad consignada en el AMEF. Por lo tanto, en la Junta Fija, se seleccionó el nivel sigma de la Distancia Fondo Campana a Extremo Vástago, en el Bocín, el Run Out entre A-B y en la Triceta, el Corrimiento.

Cabe resaltar que los demás indicadores no pueden ser calculados hasta que el proceso se encuentre bajo control de tal manera que su magnitud refleje fielmente la realidad.

7.6 VALIDACIÓN DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA

Para validar las propuestas de mejora, se hizo necesario realizar un nuevo diagnóstico del *scrap* interno para los cuatro meses posteriores a la implementación de dichas propuestas. Al igual que la primera vez, los reportes se recopilaron por celda de trabajo, pero en ésta ocasión, no se dividieron por

⁵⁸ Según lo estipulado por el cliente, se considera que un proceso no ostenta un buen desempeño cuando sus indicadores de capacidad (C_{pk} y P_{pk}) son menores que 1.33, lo cual implica que la dispersión del proceso represente un 75% de la tolerancia de especificación.

aplicaciones (referencias individuales) sino por familias de producto, ya que las mejoras, las afectaban por igual. Para hacer el contraste respectivo, los rechazos de 2008 se agruparon de la misma manera, y de ésta forma se hicieron los cálculos pertinentes. En la tabla que se muestra a continuación pueden observarse los porcentajes de variación de los PPM's internos, que tal como se esperaba, corresponden a reducciones considerables.

Tabla 23. Contraste PPM's internos 2008 - 2009

Información Máquina	DIAGNÓSTICO	1	2	DIFERENCIA		
	FECHA	Febrero - Mayo 2008	Enero - Abril 2009			
	APLICACIÓN	PPM's				
Recalcadora	Espigo	93.046	66.127	26.919	Disminuyó	29%
Prensa 400	Junta Fija	280.824	43.388	237.436	Disminuyó	85%
Marillo 6300	Cubo Rueda	114.923	67.568	47.355	Disminuyó	41%
Martillo 1250 - Prensa 400	Tripode	96.224	24.206	72.018	Disminuyó	75%

Fuente: Los autores

Al apreciar las significativas reducciones de los PPMs, la primera inquietud que surge tiene que ver con la relación que en teoría deberían guardar con la mejoría en el estado de control de los procesos correspondientes. La explicación tiene que ver directamente con el tipo de mejoras implementadas en cada uno de los casos, y la continuidad o el protagonismo que han tenido las propuestas de mejora para eliminar las causas especiales de variación.

Para empezar, la forja de la Junta Fija en la Prensa 400 es la que presenta la disminución más importante, debido a que éste fue el proceso en donde se tuvo la oportunidad implementar la mayor cantidad de mejoras. En este caso, se puede realizar la comparación, por ejemplo, con base en la Distancia Fondo Campana a Extremo Vástago, en donde la variabilidad del proceso medido en 2008 no presenta disminución con respecto al proceso medido en 2009, mientras que el centramiento del proceso se ajusta considerablemente en comparación con el año anterior, tal y como lo indica el P_{pk} , que pasa de $-0,07$ a $0,21$. Esto corrobora que



las acciones de mejora implementadas cuyo objetivo era centrar la media del proceso con respecto al objetivo, han sido más efectivas que las medidas tomadas para reducir la variación.

La segunda reducción más significativa se presenta en el Trípode, lo cual confirma que la decisión de cambiar el método de forja en el Martillo 1250 al método de forja de en la Prensa 400, derivó en una reducción de los PPMs del 75%.

Finalmente, el cambio en el método de medición del Run Out del Bocín ha influido de cierta forma para que ya no se incurra en el Error Tipo I, relacionado con la generación de rechazos de piezas que en realidad cumplen los requisitos del cliente.

Como se había mencionado anteriormente, el reporte de los rechazos del cliente se realiza a través del formato RMD. TRANSEJES le envía éste reporte a FORCOL justo antes de que el producto entre a sus líneas de producción, ya que es aquí cuando ellos realizan un análisis más detallado de las piezas recibidas. Esto implica que las piezas puedan permanecer en inventario alrededor de dos a cuatro meses según sea el caso. Entonces, debido a lo anterior, y por recomendación del Coordinador del Aseguramiento de Calidad y Procesos de la empresa, que a su vez es integrante del equipo CEP, se descartó la medición de los PPM's externos, dadas las dificultades para realizarle el seguimiento a estos lotes de producto. De igual forma, como consecuencia lógica de la disminución de los PPM's internos, se espera una considerable reducción en los PPM's externos.

8. DISEÑO DE LAS CARTAS DE CONTROL

Para FORCOL y para el cliente, es de suma importancia que el montaje de las cartas de control para las variables críticas tenga presente los lineamientos que dicta el manual *SPC*⁵⁹. Es por ello que en éste capítulo se diseñarán las cartas para aquellas variables que se encuentran bajo control estadístico. En el caso de las variables que aún no se han logrado llevar al estado de control, se debe continuar en etapa de pre-control, en la que se realizan estudios cada vez que lo requiera el proceso para así poder identificar, y si es posible, eliminar las causas especiales que lo afectan con miras al posterior montaje de la carta en planta.

8.1 CÁLCULO DE PARÁMETROS

Dado que la media y los límites de control fueron calculados con base a los datos transformados, se requiere aplicarles la función de transformación inversa para obtener sus valores en la escala real de medición. Dicha transformación (inversa) se aplica, pues, a los 3 valores de la variable estándar z que se observan en el gráfico de control de las medias, es decir, a los valores de $LIC_{\bar{x}}$, $LSC_{\bar{x}}$ y \bar{x} . El primer paso es entonces despejar la variable X de la ecuación de la familia a la que corresponda la transformación realizada, para posteriormente evaluar dicha ecuación teniendo en cuenta los parámetros calcula Minitab para γ , η , ϵ y/o λ . A continuación se muestra el caso para el valor de \bar{x} de la variable Distancia Fondo Campana A Extremo Vástago, perteneciente a la familia S_U . Los demás parámetros se calculan de la misma manera reemplazando Z en la ecuación.

$$\bar{x} = x_{(z)} = \lambda \left[\sinh \left(\frac{z - \gamma}{\eta} \right) \right] + \epsilon = 2,74658 \left[\left(\frac{0,025 - 1,83634}{2,22573} \right) \right] + 101,096 = 98,61$$

⁵⁹ Éste Manual puede ser usado por cualquier proveedor de la industria automotriz para desarrollar información respondiendo a los requerimientos de los sistemas de evolución calidad de Chrysler, Ford y General Motors.

A continuación se muestra una tabla resumen de los límites de control en su escala real.

Tabla 24. Límites de control

VARIABLE	APLICACIÓN	MEDIA			RANGOS		
		LCI	Media	LCS	LCI	R medio	LCS
Distancia fondo campana a extremo vástago	Referencia estudiada	96,18	98,61	100,31	0	2,05	4,34
	Todas	-2,43	0	1,70			
Espesor de la brida	Referencia estudiada	15,95	16,09	16,22	0	0,23	0,50
	Todas	-0,14	0	0,13			
Run aut entre A-B	Referencia estudiada	0,66	0,91	1,17	0	0,45	0,94
	Todas	-0,26	0	0,26			
Longitud	Referencia estudiada	73,91	73,97	74,03	0	2,20	4,66
	Todas	-0,06	0	0,06			
Altura del cuerpo	Referencia estudiada	29,23	29,56	29,77	0	0,23	4,71
	Todas	-0,33	0,00	0,21			
Corriemiento	Referencia estudiada	0,52	0,57	0,63	0	0,10	0,20
	Todas	-0,05	0	0,05			

Fuente: Los autores

La tabla anterior incluye los límites “generalizados” de cada variable, es decir, que son aplicables a todas las referencias de una misma familia de productos, ya que se establecieron en términos relativos, basándose en valores absolutos obtenidos a partir de los estudios preliminares. Esta medida estándar facilita el control de las variables por parte del personal operativo ya que todas las variables quedan expresadas en términos de desviaciones con respecto a la media (la cual lógicamente adopta el valor cero).

Para escoger la frecuencia con la que va a hacer el muestreo de recolección de datos para la carta de control, de la mano del Coordinador de Procesos y aseguramiento de la Calidad, se tuvo en cuenta la establecida actualmente en los planes de control de forja. Dichas frecuencias, actualmente se utilizan para llenar las hojas de registro de calidad del producto.

Tabla 25. Frecuencia de medición de las variables críticas

VARIABLE	FRECUENCIA DE MEDICIÓN
Distancia fondo campana a extremo vástago	Cada 50 piezas
Espesor de la brida	Cada 50 piezas
Run out entre A-B	Cada 50 piezas
Longitud	Cada 50 piezas
Altura del cuerpo	Cada 50 piezas
Corrimiento	Cada 50 piezas

Fuente: Los autores

8.2 CARTAS DE CONTROL

Para crear el formato que se utilizaría en FORCOL como carta de control, se emplearon como base las guías contenidas en el *SPC* y el formato utilizado por el cliente (TRANSEJES).

La carta diseñada fue la $\bar{x} - R$ (Figura 28). El lado uno de la carta consta de un encabezado, un cuadro de registro de datos, una guía para graficar los promedios y los rangos de los subgrupos, una tabla de códigos que pueden ser utilizados para abreviar las observaciones, un glosario que define palabras clave referentes al control estadístico, y un cuadro para el registro los comentarios importantes que puedan surgir durante la recolección de datos de la muestra. El lado 2 contiene ejemplos gráficos de un proceso bajo control y los principales test para identificar aquellos fuera del mismo. A su vez, presenta las instrucciones de llenado de la carta e instrucciones para tomar acciones sobre el proceso. Éste reverso, sirve como consulta rápida en la construcción y análisis de los gráficos de control. En el Anexo I se deja propuesta la carta p en caso de que la empresa la necesite.

Los límites de control presentados en la siguiente carta solo se muestran como ejemplo ilustrativo.



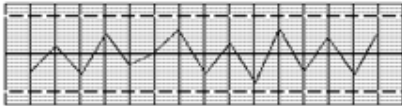
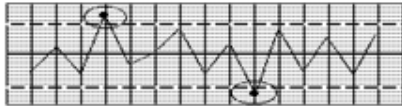
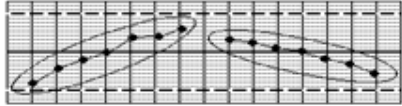
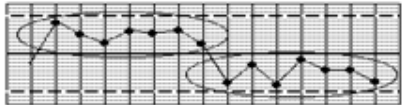
Figura 29. Carta $\bar{x} - R$ (Derecho)

		CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO																				CARTA $\bar{X} - R$							
LÍNEA : _____		CARACTERÍSTICA: _____		REVISIÓN DE LÍMITES: _____										Cpks: _____															
MÁQUINA: _____		FRECUENCIA: _____		UNIDADES MEDICIÓN: _____										Cpki: _____															
FECHA																						APLICACIÓN							
HORA																						VARIOS							
MUESTRA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	CODIGO DE LAS OBSERVACIONES AM Ajuste de Medidas CH Cambio Herramienta (Desgaste / rot CM Cambio de Modelo CO Cambio de Operario DD Dispositivo Defectuoso / Inadecuad FE Falta de Aire / Energía / Gas HD Herramienta Defectuosa / Inadecuad IM Instr. Medición Defectuosa / Inadecuad LM Limpieza Máquina / Dispos. / Herram MD Material Defectuoso / Inadecuado MN Mantenimiento		
DATOS	1																												
	2																												
	3																												
	4																												
	5																												
SUMA																													
PROMEDIO																													
RANGO																													
OBSERV.																													
OPERARIO																													
PROMEDIOS	5																												
	4																												
	3																												
	2																												
	1																												
	0																												
RANGOS	5																												
	4																												
	3																												
	2																												
	1																												
	0																												
MUESTRA		COMENTARIOS										MUESTRA		COMENTARIOS															

134

Fuente: Los autores

Figura 30. Carta $\bar{x} - R$ (Reverso)

CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO	
<p style="background-color: #d9e1f2; margin: -5px -5px 5px -5px; padding: 2px;">PROCESO BAJO CONTROL (Presencia de causas comunes unicamente)</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p>Los puntos caen aleatoriamente a lado y lado</p> </div> </div>	<p style="background-color: #d9e1f2; margin: -5px -5px 5px -5px; padding: 2px;">INSTRUCCIONES PARA LLENADO DE CARTAS \bar{X}-R (Promedios)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Asegurarse de haber seleccionado la carta correspondiente y registrar los valores de Cpk. 2. Registrar adecuadamente los datos de fecha, hora, operario y observaciones. 3. Registrar los valores de las mediciones tomadas. 4. Calcular el promedio: <ul style="list-style-type: none"> * Sumar los valores de las mediciones. * Dividir la suma por el número de mediciones tomadas. 5. Calcular el rango: <ul style="list-style-type: none"> * Identificar los valores máximo y mínimo * Al valor máximo, restarle el valor mínimo, teniendo en cuenta los signos positivos y/o negativos de cada medición. 6. Hacer la gráfica de promedios y rangos a medida que se van tomando muestras.
<p style="background-color: #d9e1f2; margin: -5px -5px 5px -5px; padding: 2px;">PROCESO FUERA DE CONTROL (Presencia de causas especiales)</p> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p>Cualquier punto por fuera de los límites de control.</p> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p>Siete puntos consecutivos con tendencia creciente o decreciente.</p> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p>Siete puntos consecutivos a un lado de la línea central</p> </div> </div>	<p style="background-color: #d9e1f2; margin: -5px -5px 5px -5px; padding: 2px;">INSTRUCCIONES PARA TOMAR ACCIONES SOBRE EL PROCESO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. No hacer cambios innecesarios al proceso 2. Identificar y resaltar las condiciones fuera de control. 3. Indicar cualquier cambio en los elementos del proceso (Operario, material, método, máquina, instrumentos de medición, etc.). 4. Indicar cualquier acción tomada sobre el proceso. 5. Corregir la causa especial. Si se requiere, pedir asesoría del encargado de turno.

Fuente: Los autores

8.3 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

El hecho de que la economía internacional haya entrado en crisis y que las relaciones diplomáticas con los países vecinos se hayan venido deteriorando, ha ocasionado que las industrias que tengan una participación significativa en los mercados extranjeros, como TRANSEJES, presenten una disminución considerable en sus niveles de demanda. Para el caso de FORCOL, ésta situación es crítica, ya que al pertenecer a la cadena de suministro de su principal cliente, se encuentra altamente ligado a las fluctuaciones de su demanda.

Por ejemplo, la secuencia de producción enviada por TRANSEJES para cada uno de los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre del año 2008, presentaba demandas considerablemente menores a las presupuestadas al inicio del año. Por lo tanto, las directivas de FORCOL en conjunto con el cliente, decidieron distribuir las de tal forma, que para finales del mes de noviembre, la empresa, una vez cumplidos los despachos, pudiera cerrar operaciones para ahorrar los diferentes costos fijos de un mes de funcionamiento de la planta. Sin embargo la situación, que para el año 2009 se esperaba mejorara, fue tanto o más complicada que el año anterior.

Por ésta razón, el equipo CEP, decidió que la implementación de las cartas de control estadístico debía ser evaluada una vez finalizara la situación coyuntural por la que atraviesa la empresa. En el Anexo M se presenta la carta de la empresa que certifica ésta decisión.

Las variables que aún no se lograron llevar al estado de control, permanecerán en etapa de pre-control hasta que no se detecten con certeza las causas de dichos comportamientos y se lleven a cabo acciones de mejora destinadas a prevenir que vuelvan a aparecer.

En la Tabla 26 se presentan las diferentes funciones que deberán realizar los miembros del equipo CEP durante el control estadístico de proceso. De ésta forma, se busca generar compromiso con el sistema y un seguimiento adecuado a la herramienta.

Tabla 26. Actividades del Equipo CEP

ETAPA	ACTIVIDAD	OBJETIVO	RESPONSABLE
INTRODUCCION FORMAL AL SISTEMA DE CONTROL	Reunión del personal administrativo y operativo de la planta	Informar al personal sobre el inicio del sistema y realizar una nivelación de los conceptos tratados en las capacitaciones anteriores del programa de entrenamiento.	Coordinador de Producción
TOMA DE DATOS	Emitir las cartas preliminares y recolectar registros de las variables	Obtener la información necesaria para realizar un adecuado análisis de los datos	Coordinador de Producción Auditor de calidad Lider de turno
ANÁLISIS	Presentar al equipo CEP los resultados obtenidos informando los ajustes que se realizaron para el control de la variable	Verificar o validar la efectividad de los límites de control y los estándares de centramiento y variabilidad, es decir, comprobar la utilidad de la carta para proporcionar señales de alerta del proceso.	Coordinador de Producción
TOMA DE DECISIONES	Aportar soluciones que permitan evitar la aparición de causas especiales o acercar el proceso al objetivo de especificación, con el fin de mejorar continuamente la capacidad de los procesos.	Implementar las soluciones propuestas por los integrantes del equipo	Equipo de Dirección y Gestión

Fuente: Los autores

Los asistentes a las reuniones realizadas por el equipo, deben llenar debidamente el registro estándar de minutas de reunión de la empresa.

9. PROGRAMA DE SENSIBILIZACIÓN Y ENTRENAMIENTO

El Control Estadístico de Procesos en esencia ayuda a cualquier organización a detectar en sus procesos la presencia de causas especiales de variación, reducir costos, mejorar la calidad, cumplir especificaciones y proveer de un lenguaje común para la discusión y el mejoramiento. La aplicación de un sistema control estadístico de procesos basado en esta directriz puede ayudar a transformar un método provisional de control de la calidad, en un sistema de gestión de la calidad estructurado y rentable. Se vuelve necesaria, entonces, una serie de capacitaciones adecuadas, que permitan a los asistentes la aplicación de estas herramientas teniendo en cuenta las particularidades de cada proceso y la optimización de la utilidad.

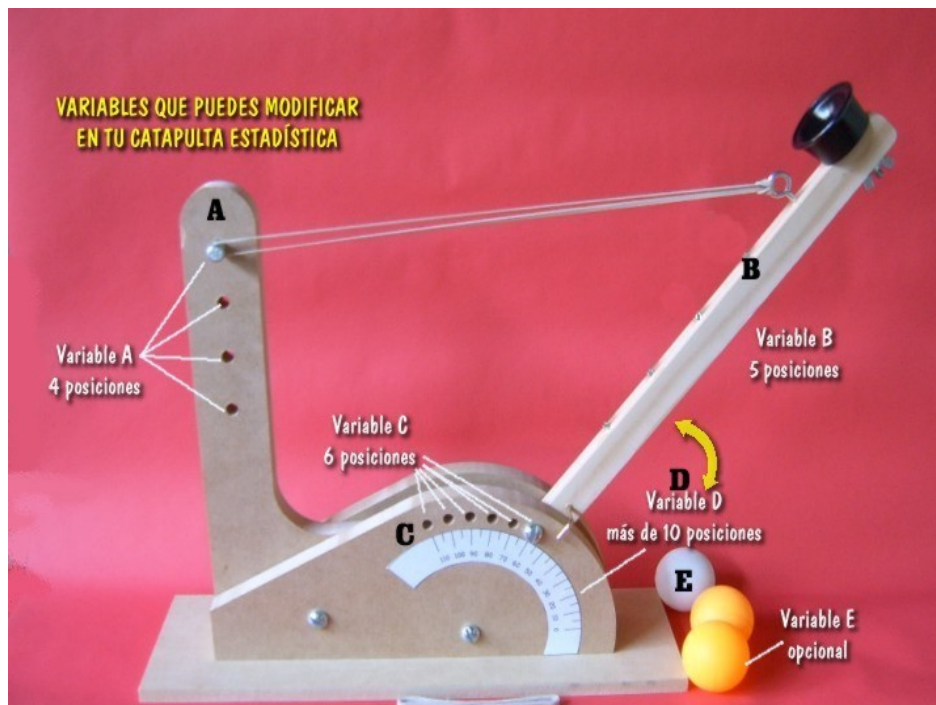
A través de dichas capacitaciones se pretende desarrollar las destrezas necesarias para la organización, graficación, búsqueda de estadísticas y posterior interpretación de la información obtenida, con el propósito de aplicar los conocimientos adquiridos en el trabajo diario, integrando así, sus conocimientos previos del proceso con el área de estadística. A su vez, es importante dar a entender al personal que el CEP es una herramienta preventiva y no un requisito, que requiere de compromiso y dedicación para lograr la efectividad buscada con la herramienta.

Para dar inicio al programa, se deseó realizar una capacitación didáctica, en la que se buscó atraer la total atención y participación del personal, dándoles a conocer una herramienta que haría las veces de máquina en la simulación de un proceso productivo que ellos mismos llevarían a cabo: La catapulta estadística Seis Sigma (ver figura 30).

Las partes de la catapulta y sus diferentes variables se explicaron detalladamente con el fin de mostrar cómo funcionaba el sistema de lanzamiento. Además se les

facilitaron diferentes materiales como cinta pegante, harina, lápices, etc., que podrían usar en caso de ser necesarios según lo dictara su imaginación y la necesidad de mejora. Después de esto, se le entregó a cada asistente la descripción e instrucciones del ejercicio, que básicamente consistía, en realizar corridas de producción bajo ciertas condiciones, analizar la variación del proceso, proponer mejoras y validarlas para comprobar su efectividad.

Figura 31. Catapulta estadística Seis sigma



Fuente: <http://www.astilleroweb.com.mx>

Una vez comprendido hacia donde se quería llegar con el programa, se decidió llevar a cabo la capacitación teórica, en la que los diferentes temas podían ser relacionados con el ejercicio de la catapulta. El programa de sensibilización y entrenamiento se presenta de manera detalla en el Anexo J.

10. CONCLUSIONES

Como conclusiones de la aplicación del Control Estadístico de Procesos en la planta de FORCOL LTDA, se puede decir lo siguiente:

- La determinación de las variables críticas que afectan el proceso, permitió determinar de manera acertada hacia dónde enfocar los esfuerzos de la empresa en materia de recursos, tiempo y mano de obra, ya que el criterio incluyó tanto la identificación de los problemas actuales y potenciales en el área de operaciones, como las necesidades del cliente gracias a los NPR de las variables consolidados en el AMEF.
- Gracias a la realización de los estudios preliminares, la empresa por primera vez pudo contar con información clara y veraz (basada en datos estadísticos), acerca del comportamiento de los procesos de forja cruciales, lo cual, a su vez, impulsó un proceso de análisis y comprensión más profunda de los problemas de variabilidad y sus principales causas, que permitió que se tomaran importantes decisiones con miras a eliminar dichas causas.
- El Sistema de Familias de Distribuciones de Johnson es una buena alternativa para el manejo de un conjunto de datos que no provienen de una población normal. La elaboración y el análisis de las cartas $\bar{x} - R$ a partir de los datos transformados permite la adecuada y correcta aplicación de las técnicas clásicas del Control Estadístico de Procesos. Adicionalmente, se disminuye el riesgo de cometer los errores Tipo I y Tipo II, evitando así el consecuente incremento de costos de producción.
- La alta variabilidad observada en los procesos de forja en FORCOL, tiene su origen principalmente en dos factores: la materia prima y las matrices. En cuanto a la materia prima, el principal problema tiene que ver con la

inestabilidad observada en el Peso de Carga, tanto a lo largo de una misma palanquilla como entre diferentes palanquillas, debido a que éstas son de acero negro, que a diferencia del acero pulido superficialmente, tiene una sección variable. Por su parte, el desgaste de las matrices es el protagonista de una gran cantidad de problemas, puesto que ocasiona la falta de llenado de material al fluir, debido al crecimiento progresivo de las medidas del grabado.

- Debido a que las fuentes de variación relacionadas con el material y las matrices afectaban a los procesos de forma semejante, se ejecutaron acciones de mejora transversales que podían ser aplicables a varios procesos, atacando así varios problemas a la vez. La efectividad de estas mejoras quedó en evidencia al comparar los PPM's resultantes de los dos diagnósticos de *scrap* realizados en 2008 y 2009, puesto que se pudo corroborar que las mejoras implementadas tuvieron un impacto positivo en la reducción de los rechazos internos de la Espiga, la Junta Fija, el Bocín y la Triceta, definidas por disminuciones del 29%, 85%, 41% y 75% respectivamente.
- A pesar de las considerables disminuciones observadas en los PPM's, la variabilidad de los procesos de forja no se comportó de igual manera, lo cual tiene su explicación en cada proceso (como se expone en el apartado 7.6), aunque en general se debe a que las acciones encaminadas a ajustar el centramiento del proceso con respecto al objetivo, tuvieron mayor protagonismo y continuidad, y por tanto, mayor efectividad, que aquellas que pretendían reducir la variación, básicamente porque lo primero implica menos complejidad que lo segundo.
- El Programa de Sensibilización y Capacitación CEP-6 σ en general, y la capacitación práctica con la catapulta estadística como juego didáctico en particular, resultó ser muy atractivo para los operarios de planta, ya que manifestaron de manera generalizada la efectividad que se obtuvo en la toma

de conciencia, y en la comprensión y el afianzamiento de conceptos que envuelven la realidad de un proceso productivo. Así mismo, experimentaron de manera divertida, fácil y sencilla la importancia del proceso de mejora continua de calidad seis sigma en la organización

- El nivel de formación de los operarios de planta representa un reto en la implementación de nuevas técnicas de mejoramiento continuo en general, y aún es más desafiante, en aquellas que tengan que ver con el lenguaje matemático.
- La realización de la práctica permitió, además del afianzamiento y la profundización en los conceptos relacionados con el control de calidad y la aplicación organizada de una metodología de trabajo, el crecimiento profesional al tener asignadas responsabilidades en una empresa con un alto nivel de exigencia, y el crecimiento como personas al acumular experiencias como el trabajo interdisciplinar en equipo y la apropiación de aptitudes competitivas en el entorno laboral.
- La crisis de la economía mundial y de las relaciones diplomáticas con los países vecinos que se viene presentando desde finales de 2008, afectaron directamente a la organización debido a la considerable reducción en los niveles de demanda presupuestados en todas las líneas de producto, lo cual impidió la implementación inmediata de las cartas de control mientras la empresa atravesase por ésta importante situación coyuntural.

11. RECOMENDACIONES

- Con el fin de minimizar la variación propia del material en el proceso de forja, se sugiere evaluar la posibilidad de cambiar el acero negro por el acero pulido, lo cual representaría un incremento aproximado del 30% en el costo del kilogramo, pero constituiría una mejoría considerable la consistencia del producto terminado que valdría la pena cuantificar minuciosamente.
- En aras de reducir la variación ocasionada por el desgaste de la matriz, se requiere hacer extensiva la fabricación por electroerosionado de las matrices de la Triceta a los demás productos de la empresa, ya que sus ventajas técnicas son indiscutibles. Por lo tanto, se recomienda evaluar el alcance, ventajas, desventajas y factibilidad de iniciar un proceso de aprendizaje y mejora con uno de los proveedores regionales del servicio que actualmente no garantizan una buena calidad.
- Una vez se den las condiciones para que la empresa retome el curso del proyecto CEP, habría dos pasos inmediatos a seguir. El primero tiene que ver con la emisión de las cartas de control preliminares para la verificación y revisión de los parámetros de las variables críticas que por ahora están listas, a saber, Distancia Fondo Campana a Extremo Vástago (Junta Fija), Espesor de la Brida y Run Out entre A-B (Bocín) y Altura del Cuerpo y Corrimiento (Triceta). En segundo lugar, para las variables que aún no están bajo control, el curso de acción es implementar las propuestas de mejora respectivas y realizar nuevamente un estudio preliminar que confirme su efectividad, para así proceder posteriormente a implementar las cartas de control.
- Después de montar las cartas de control restantes y pasar por un periodo de seguimiento, es preciso reevaluar la criticidad de las variables con una nueva medición de los rechazos internos y externos, que permita determinar si la



prioridad de los problemas (variables) ha cambiado de alguna forma o permanece igual, para tomar decisiones, según sea el caso, de implementar nuevas cartas y retirar otras.

- Es importante continuar realizando sesiones de capacitación que les brinden a los operarios las herramientas suficientes y la debida retroalimentación, según las necesidades de la planta y las decisiones del equipo CEP, para mantener la recordación de los conceptos estadísticos por parte del personal operativo, logrando así una mayor calidad en la recolección y análisis de las datos estadísticos provenientes de las cartas de control. Así mismo, no puede pasarse por alto la necesidad de darle a conocer a los operarios de planta la evolución de los niveles de PPM's, los ahorros de costos, entre otros indicadores de gestión, que les permita sentir y comprender la importancia de su labor dentro de la organización.



BIBLIOGRAFÍA

CHRYSLER LLC, FORD MOTOR COMPANY, GENERAL MOTORS CORPORATION. Potential Failure Mode And Effects Analysis (FMEA): Reference Manual. Fourth Edition. United States Of America: Automotive Industry Action Group (A.I.A.G.); 2008.150 p.

DAIMLERCHRYSLER CORPORATION, FORD MOTOR COMPANY, GENERAL MOTORS CORPORATION. Statistical Process Control (SPC): Reference Manual. First Edition. United States Of America: Automotive Industry Action Group (A.I.A.G.); 1995. 161 p.

GÓMEZ F., Fermín, TEJERO M., Miguel, VILAR B. Jose F. Seis Sigma. Segunda Edición. Madrid: Fundación Confemetal; 2003. 393 p.

GROOVER, Mikell P. Fundamentals Of Modern Manufacturing: Materials, Processes and Systems. Third Edition. United States Of America: John Wiley & Sons, Inc.; 2007. 1022 p.

LAGOS, Ingrid J., VARGAS, Jose A. Sistema de familias de distribuciones de Johnson, una alternativa para el manejo de datos no normales en cartas de control. Revista Colombiana de Estadística [publicación periódica en línea]. Disponible en: http://www.emis.de/journals/RCE/V26/V26_1_25LagosVargas.pdf.

Manual de "Capacitación Seis Sigma Green Belt". Dana University. PRICEWATERHOUSECOOPERS. Año 2000.

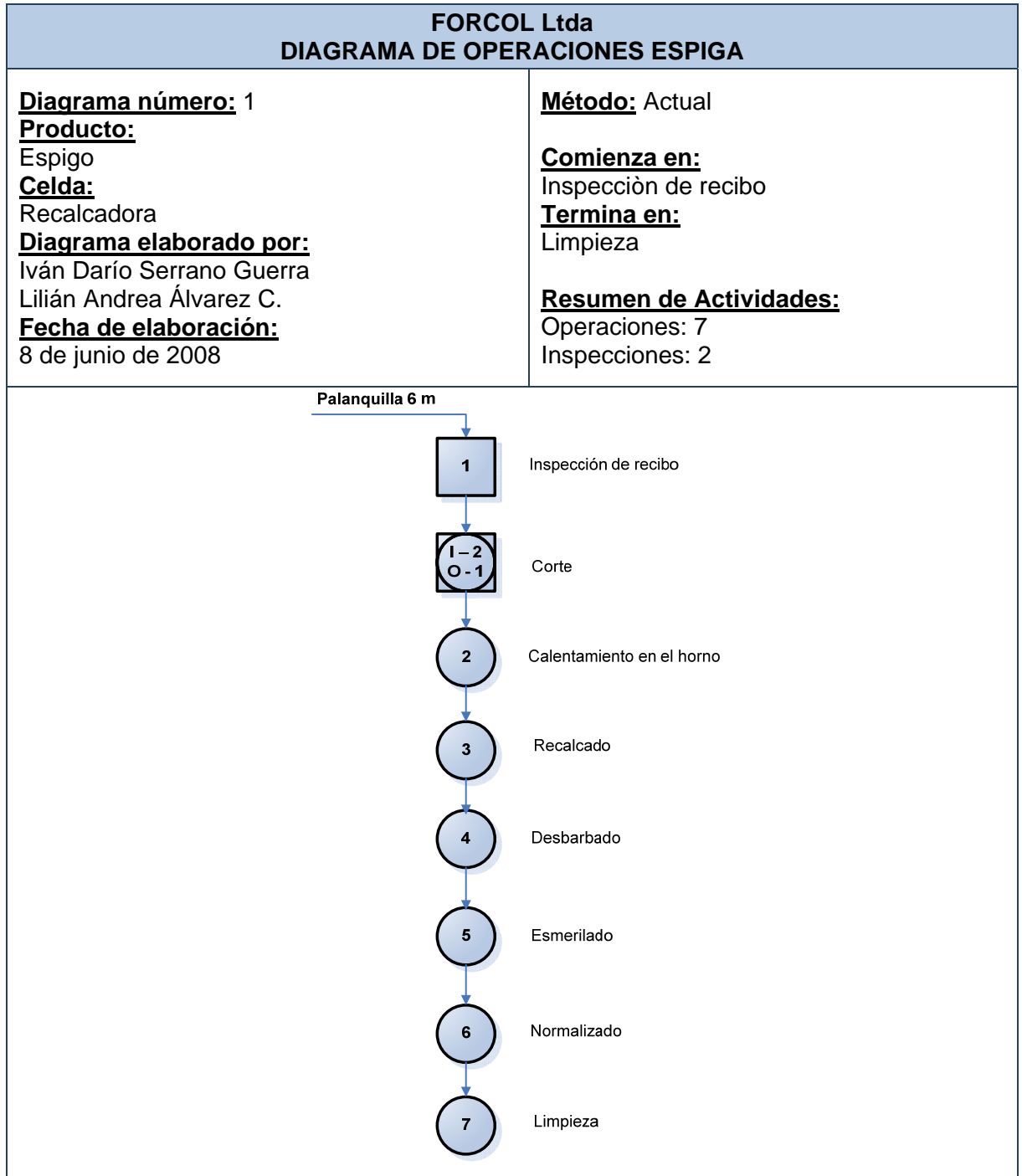
MONTGOMERY, Douglas C. Control estadístico de la calidad. Tercera edición. México: Limusa Wiley; 2004. 797 p.



ANEXOS

ANEXO A

DIAGRAMAS DE OPERACIONES



Fuente: Los autores

FORCOL Ltda.
DIAGRAMA DE OPERACIONES BOCÍN

Diagrama número: 4

Producto:

Cubo rueda

Celda:

Martillo 6300

Diagrama elaborado por:

Iván Darío Serrano Guerra

Lilián Andrea Álvarez C.

Fecha de elaboración:

8 de junio de 2008

Método: Actual

Comienza en:

Inspección de recibo

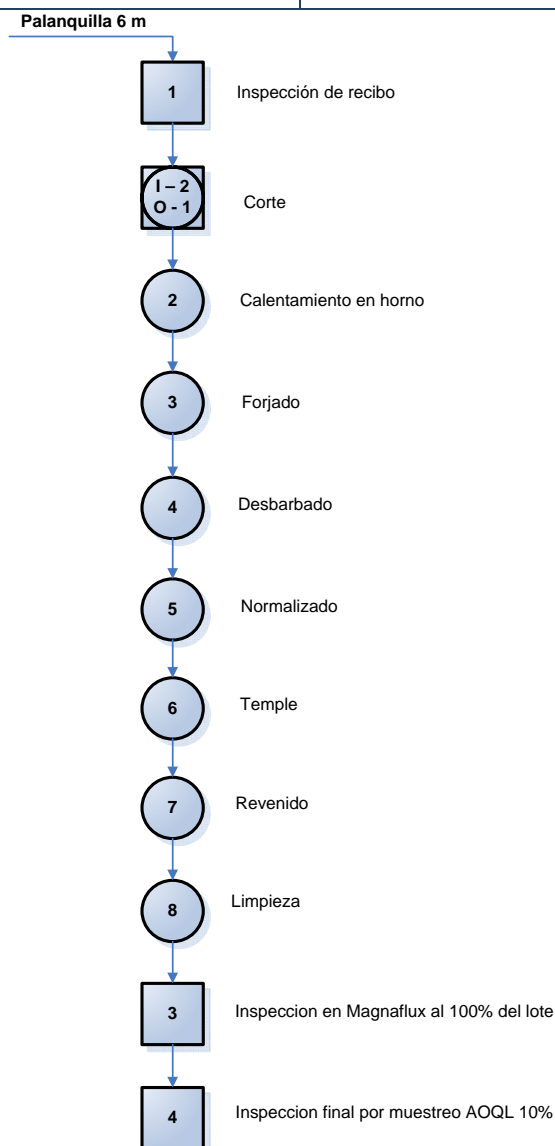
Termina en:

Inspección final y magnaflux AOQL 10%

Resumen de Actividades:

Operaciones: 8

Inspecciones: 4



Fuente: Los autores

FORCOL Ltda.
DIAGRAMA DE OPERACIONES YUGO

Diagrama número: 6
Producto:
 Yugo
Celda:
 Martillo 1250
Diagrama elaborado por:
 Iván Darío Serrano Guerra
 Lilián Andrea Álvarez C.
Fecha de elaboración:
 8 de junio de 2008

Método: Actual
Comienza en:
 Inspección de recibo
Termina en:
 Inspección final por muestreo AOQL 10%
Resumen de Actividades:
 Operaciones: 9
 Inspecciones: 4

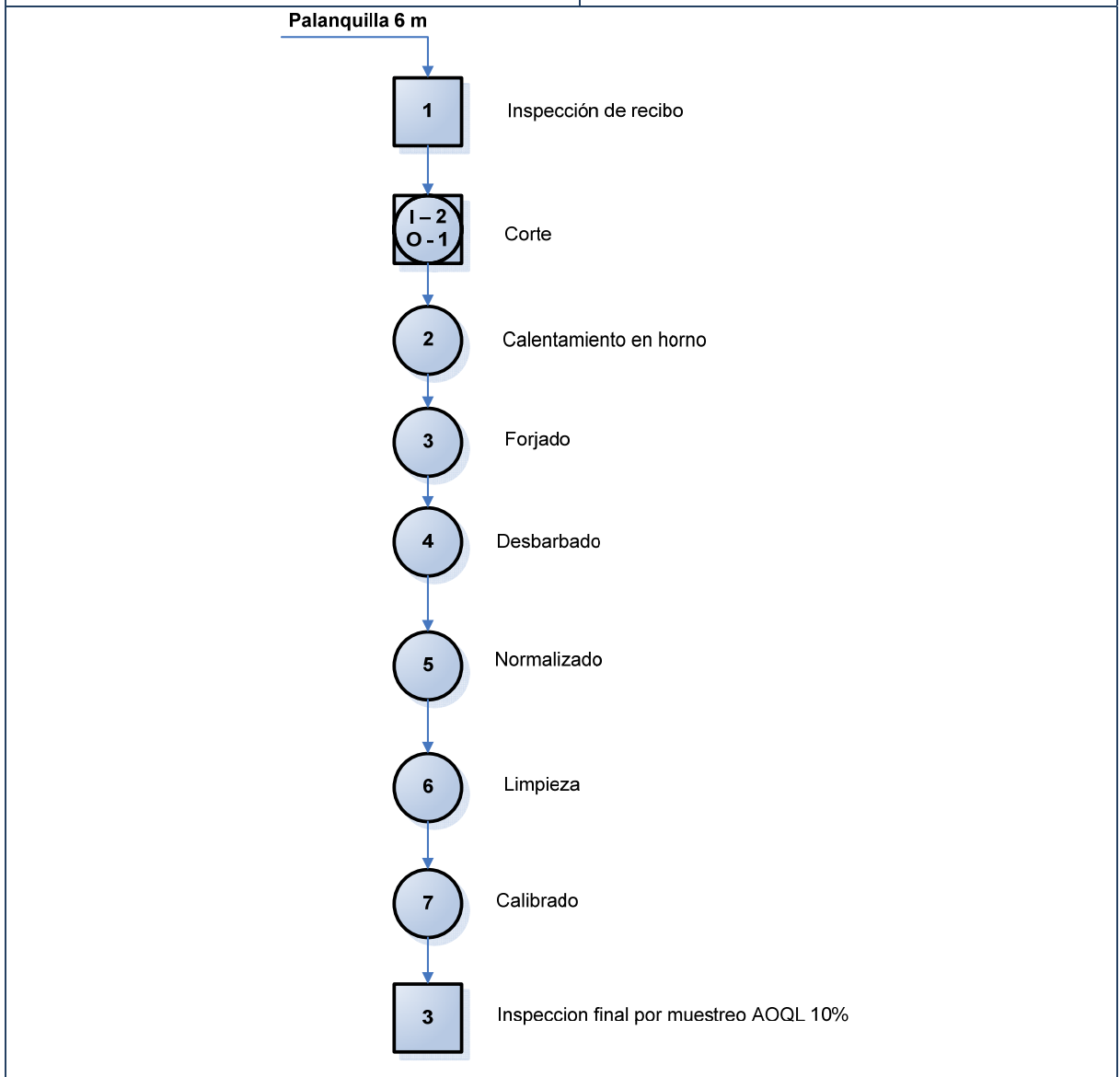


Fuente: Los autores

FORCOL Ltda.
DIAGRAMA DE OPERACIONES – TRÍPODE

Diagrama número: 7
Producto:
 Trípode
Celda:
 Martillo 1250
Diagrama elaborado por:
 Iván Darío Serrano Guerra
 Lilián Andrea Álvarez C.
Fecha de elaboración:
 8 de junio de 2008

Método: Actual
Comienza en:
 Inspección de recibo
Termina en:
 Inspección final por muestreo AOQL 10%
Resumen de Actividades:
 Operaciones: 7
 Inspecciones: 3



Fuente: Los autores

ANEXO B

FÓRMULAS Y CONSTANTES PARA LAS CARTAS DE CONTROL

B.1 CARTAS DE CONTROL POR VARIABLES

- **Cartas $\bar{x} - R$**

- Media subgrupo:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} ; n \equiv \text{Tamaño de muestra del subgrupo}$$

- Rango subgrupo: $R = x_{m\acute{a}x} - x_{m\acute{i}n}$

- Gran promedio o media promedio:

$$\bar{\bar{x}} = \sum_{i=1}^k \frac{x_i}{k} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_k}{k} ; k \equiv \text{Número de subgrupos}$$

- Rango promedio:

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^k \frac{R_i}{k} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_k}{k} ; k \equiv \text{Número de subgrupos}$$

- Desviación estándar estimada de x : $\hat{\sigma}_c = \bar{R}/d_2$

- Desviación estándar estimada de \bar{x} : $\hat{\sigma}_{\bar{x}} = \hat{\sigma}_c / \sqrt{n}$

- Límites de control para la carta \bar{x} : $LCS_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} ; LCI_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$

- Límites de control para la carta R : $LCS_R = D_4 \bar{R} ; LCI_R = D_3 \bar{R}$

- **Cartas $\tilde{x} - R$**

- Mediana subgrupo:

$$\tilde{x} = \begin{cases} x_a \mid a = \frac{n+1}{2} & , \quad \text{si } n \text{ es impar} \\ \frac{x_a + x_b}{2} \mid a = \frac{n}{2} ; b = \frac{n}{2} + 1, & \text{si } n \text{ es par} \end{cases}$$

- Rango subgrupo: $R = x_{\text{máx}} - x_{\text{min}}$
- Mediana promedio:

$$\bar{\tilde{x}} = \sum_{i=1}^k \frac{\tilde{x}_i}{k} = \frac{\tilde{x}_1 + \tilde{x}_2 + \dots + \tilde{x}_k}{k} ; k \equiv \text{Número de subgrupos}$$

- Rango promedio:

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^k \frac{R_i}{k} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_k}{k} ; k \equiv \text{Número de subgrupos}$$

- Desviación estándar estimada de x : $\hat{\sigma}_c = \bar{R}/d_2$
- Límites de control para la carta \tilde{x} : $LCS_{\tilde{x}} = \bar{\tilde{x}} + \bar{A}_2 \bar{R} ; LCI_{\tilde{x}} = \bar{\tilde{x}} - \bar{A}_2 \bar{R}$
- Límites de control para la carta R : $LCS_R = D_4 \bar{R} ; LCI_R = D_3 \bar{R}$

B.2 CARTAS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

- **Carta np**

- Restricción: requiere de un tamaño de muestra constante.
- Directriz: dado que los límites de control se basan en una aproximación normal, el tamaño de muestra usado deberá ser tal que $n\bar{p} \geq 0,5$.
- Número de no-conformes promedio:

$$n\bar{p} = \sum_{i=1}^k \frac{np_i}{n} = \frac{np_1 + np_2 + \dots + np_k}{n} ; k \equiv \text{Número de subgrupos}$$

- Límites de control para la carta np :

$$LCS_{np} = n\bar{p} + 3 \sqrt{n\bar{p} \left(1 - \frac{n\bar{p}}{n}\right)} = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})}$$

$$LCI_{np} = n\bar{p} - 3 \sqrt{n\bar{p} \left(1 - \frac{n\bar{p}}{n}\right)} = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})}$$

- **Carta p**

- Directriz: dado que los límites de control se basan en una aproximación normal, el tamaño de muestra usado deberá ser tal que $n\bar{p} \geq 0,5$.
- Proporción de no-conformes promedio:

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k np_i}{\sum_{i=1}^k n_i} = \frac{np_1 + np_2 + \dots + np_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k} = \frac{p_1 + p_2 + \dots + p_k}{k} ; k \equiv \text{Número de subgrupos}$$

- Límites de control variables para la carta p cuando n es variable $\left(\frac{\min.n_i}{\max.n_i}\right) \geq 0,75$:

$$LCS_{p_i} = \bar{p} + 3 \frac{\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}}{\sqrt{n_i}}$$

$$LCI_{n_i} = \bar{p} - 3 \frac{\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}}{\sqrt{n_i}}$$

- Límites de control constantes para la carta p cuando n es variable $\left(\frac{\min.n_i}{\max.n_i}\right) \geq 0,75$:

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

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

- Límites de control para la carta p cuando n es constante:

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

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

B.3 TABLAS DE CONSTANTES PARA CARTAS DE CONTROL POR VARIABLES

Cartas \bar{X} y R				
Carta por Promedios		Cartas por Rangos (R)		
Factor Límites de Control	Divisores para estimar σ_x	Factores para límites de Control		
Tamaño de Subgrupo	A_2	d_2	D_3	D_4
2	1.880	1.128	---	3.267
3	1.023	1.693	---	2.574
4	0.729	2.059	---	2.282
5	0.577	2.326	---	2.114
6	0.483	2.534	---	2.004
7	0.419	2.704	0.076	1.924
8	0.373	2.847	0.136	1.864
9	0.337	2.970	0.184	1.816
10	0.308	3.078	0.223	1.777
11	0.285	3.173	0.256	1.744
12	0.266	3.258	0.283	1.717
13	0.249	3.336	0.307	1.693
14	0.235	3.407	0.328	1.672
15	0.223	3.472	0.347	1.653
16	0.212	3.532	0.363	1.637
17	0.213	3.588	0.378	1.622
18	0.194	3.640	0.391	1.608
19	0.187	3.689	0.403	1.597
20	0.180	3.735	0.415	1.585
21	0.173	3.778	0.425	1.575
22	0.167	3.819	0.434	1.566
23	0.162	3.858	0.443	1.557
24	0.157	3.895	0.451	1.548
25	0.153	3.931	0.459	1.541

Cartas por Medianas**				
Carta por Medianas		Cartas por Rangos (R)		
Factor Límites de Control		Divisores para estimar σ_x	Factores para límites de Control	
Tamaño de Subgrupo	\bar{A}_2	d_2	D_3	D_4
2	1.880	1.128	---	3.267
3	1.187	1.693	---	2.574
4	0.796	2.059	---	2.282
5	0.691	2.326	---	2.114
6	0.548	2.534	---	2.004
7	0.508	2.704	0.076	1.924
8	0.433	2.847	0.136	1.864
9	0.412	2.970	0.184	1.816
10	0.362	3.078	0.223	1.777



ANEXO C

TERMINOLOGÍA DEL FORMATO DE AMEF EMPLEADO POR FORCOL

PROCESS FMEA											FMEA Number _____									
Item _____			Process Responsibility _____				Page ____ of ____				Prepared By _____									
Model Years(s)/Vehícle(s) _____ N/P.: _____			Key Date _____				Orig. date D-M-A _____ Rev. date _____ D-M-A _____				Core Team _____									
Process Function Requirements	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	S	C	Potential Cause(s)/Mechanism(s) of Failure	O	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	D	R	Recommended Action(s)	Responsibility & Target Completion Date	Action Results							
													e	v	a	c	t	P	e	N

157

- **Item:** Nombre del elemento o ensamble que se está analizando.
- **Model Years (s) / Vehicle (s):** Referencia o número del elemento que se está analizando.
- **Core Team (Equipo):** Nombre de cada una de las personas que conforman el equipo que tienen la autoridad para opinar y realizar tareas relacionadas con el AMFE. Opcionalmente se puede escribir el departamento en el que trabajan y el teléfono.
- **Process Responsibility (Responsabilidad del Proceso):** Nombre del responsable del proceso de ejecución del AMFE.
- **Key date:** Fecha antes de las muestras iniciales.
- **FMEA Number:** Número del AMFE
- **Prepared by (Preparado por):** Nombre de quien digita el AMFE
- **Orig. Date & Rev. Date (Fecha de origen y revisión):** Fecha en que el AMFE se hizo por primera vez y la fecha de la última revisión
- **Requeriments (Requerimientos):** Proceso u operación que se realiza y características de ésta.
- **Potential Failure Mode (Modo potencial de fallo):** Un modo de fallo significa que un elemento o sistema no satisface la especificación, o simplemente no se obtiene lo que se espera de él. El fallo es una desviación o defecto de una función o especificación. Con esa definición, un fallo puede no ser inmediatamente detectable por el cliente y sin embargo debe considerarse como tal.
- **Potential Effect(s) of Failure (Efecto(s) potencial del fallo):** Suponiendo que el fallo potencial ha ocurrido, en esta columna se describirán los efectos del mismo tal como lo haría el cliente. Los efectos corresponden a los síntomas. Generalmente hacen referencia al rendimiento o prestaciones del sistema.
- **Sever (Severidad):** Este índice está íntimamente relacionado con los efectos del modo de fallo y valora el nivel de las consecuencias sentidas por el cliente. Esta clasificación está basada únicamente en los efectos del fallo. La severidad es independiente de la frecuencia y de la detección. Para utilizar unos criterios comunes, en la empresa ha de utilizarse la siguiente tabla de clasificación de la severidad de cada efecto de fallo, de forma que la asignación de valores de S sea objetiva.

Efecto	Criterio: Severidad del Efecto. Este rango se produce cuando un modo potencial de falla resulta en un defecto en el cliente final y/o en la planta de fabricación/ensamble. El cliente final siempre debe considerarse primero.	Criterio: Severidad del Efecto. Este rango se produce cuando un modo potencial de falla resulta en un defecto en el cliente final y/o en la planta de fabricación/ensamble. El cliente final siempre debe considerarse primero.	Rango
Peligroso sin advertencia	Rango de severidad muy alto cuando un modo potencial de falla afecta la operación segura del vehículo y/o no cumple las regulaciones o normativas existentes acerca del producto.	O puede poner en peligro al operador (máquina o ensamble) sin advertencia.	10
Peligroso con advertencia	Cuando un modo potencial de falla afecta la operación segura del vehículo y/o no cumple las regulaciones o normativas existentes acerca del producto dando antes una señal de advertencia.	O puede poner en peligro al operador (máquina o ensamble) con advertencia.	9
Muy alto	El vehículo desde el momento del ensamble queda inoperable (pérdida de la función primaria).	O 100% del producto tiene que ser desechado	8
Alto	Vehículo es operable pero a un nivel de desempeño muy reducido. Cliente muy insatisfecho.	O el producto puede ser seleccionado, una porción desechada y la otra para ser utilizada después de realizarle algunos retrabajos	7
Moderado	Vehículo es operable pero va a presentar fallas en cuanto a comodidad. Cliente insatisfecho.	O el producto puede ser seleccionado, una porción desechada y la otra para ser utilizada inmediatamente	6
Bajo	Vehículo es operable pero a un nivel de desempeño y comodidad un poco reducido.	O 100% del producto puede ser retrabajado	5
Muy bajo	Defecto notado por la mayoría de los clientes (más del 75%).	O el producto puede requerir ser seleccionado, sin desechar, y una porción (menos del 100%) retrabajada, fuera de la línea	4
Menor	Defecto notado por el 50% de los clientes.	O una porción (menos del 100%) del producto puede requerir retrabajo, sin desechar, fuera del proceso pero en la línea	3
Muy menor	Defecto notado por clientes detallistas (menos del 25%).	O una porción (menos del 100%) del producto puede requerir retrabajo, sin desechar, en el proceso mismo	2
Ninguno	Efecto no es notable	O el efecto no tiene importancia en las operaciones siguientes	1

- **Class (Clasificación):** Características especiales del proceso tales como proceso crítico, significativo, etc.

- **Potential Cause(s)/Mechanism(s) of Failure (Causa Potencial del Fallo):** En esta columna se reflejan todas las causas potenciales de fallo atribuibles a cada modo de fallo, y se define como indicio de una debilidad del diseño o proceso cuya consecuencia es el modo de fallo. Las causas relacionadas deben ser lo más concisas y completas posibles, de modo que las acciones correctoras y/o preventivas puedan ser orientadas hacia las causas pertinentes.
- **Ocurr (Ocurrencia):** Se define como la probabilidad de que una causa específica se produzca y dé lugar al modo de fallo. En esta columna se pondrá un valor de probabilidad de ocurrencia de la causa específica. Este índice de frecuencia está íntimamente relacionado con la causa de fallo, y consiste en calcular la probabilidad de ocurrencia en una escala del 1 al 10 tal como se muestra en la siguiente tabla.

Probabilidad	Índices de Fallas Probables*	Rango
Muy alta: Fallas Persistentes	≥ 100.000 ppm	10
	50.000 - 99.999 ppm	9
Alta: Fallas Frecuentes	20.000 - 49.999 ppm	8
	10.000 - 19.999 ppm	7
Moderada: Fallas Ocasionales	5.000 - 9.999 ppm	6
	2.000 - 4.999 ppm	5
	1.000 - 1.999 ppm	4
Baja: Relativamente Pocas Fallas	500 - 999 ppm	3
	100 - 499 ppm	2
Remota: Falla Poco Probable	≤ 99 ppm	1

- **Current Process Controls Prevention (Controles Preventivos del Proceso):** Controles que previenen que ocurra la falla o la causante de esta. También pueden reducir su ocurrencia.
- **Current Process Controls Detection (Controles de detección en el Proceso):** Controles que detectan la causa que provocó la falla y guían hacia una acción correctiva
- **Detec (Detección):** Este índice indica la probabilidad de que la causa y/o modo de fallo, supuestamente aparecido, llegue al cliente. Se está definiendo la "no-detección", para que el índice de prioridad crezca de forma análoga al resto de índices a medida que aumenta el riesgo. La tabla que relaciona la probabilidad de que el defecto alcance el cliente se muestra a continuación:

Detección	Criterio	Tipos de Inspección			Rango Sugerido de Métodos de Detección	Rango
		A	B	C		
Casi Imposible	Certeza absoluta de no detección.				No es revisado.	10
Muy Remota	Probablemente no habrá detección.			X	El control se logra sólo con inspecciones visuales o manuales indirectas o aleatorias.	9
Remota	Poca probabilidad de detección.			X	El control se logra sólo con inspección visual o solo inspección manual 100%	8
Muy Baja	Poca probabilidad de detección.			X	El control se logra sólo con doble inspección visual, manual o juntas 100%.	7
Baja	Puede haber detección.		X	X	El control se logra con métodos de carta, CEP (Control Estadístico de Proceso)	6
Moderada	Puede haber detección.		X		El control se basa en una medición cada cierto número de piezas o cierto tiempo, por medio de gages, flexómetro, calibrador, anglemaster, etc.	5
Moderadamente Alta	Buena probabilidad de detección.	X	X		Detección de errores en operaciones subsiguientes (poka yoke de detección), O medición realizada en Puesta A Punto.	4
Alta	Buena probabilidad de detección.	X	X		No se puede aceptar una parte discrepante. Se hace medición a la totalidad de las piezas en el proceso mismo y se hace una marcación para verificar que se realizó correctamente la operación	3
Muy Alta	Certeza casi absoluta de detección.	X	X		Detección de errores en el proceso mismo, ya que el equipo nos certifica automáticamente que la pieza no presenta discrepancias.	2
Muy Alta	Certeza absoluta de detección.	X			No se pueden fabricar partes discrepantes porque el ítem es a prueba de error (poka yoke de prevención) por diseño del proceso/producto.	1

- **NPR (Número de Prioridad de Riesgo):** Resultado de la multiplicación de la severidad, la ocurrencia y la detección. El RPN es usado con el fin de priorizar la causa potencial del fallo para posibles acciones correctoras.
- **Recommended Action(s) (Acción Recomendada):** Acción recomendada para reducir los grados de ocurrencia, severidad y/o detección.
- **Responsibility & Target Completion Date:** Responsables de ejecutar las diferentes acciones recomendada y fecha máxima para la ejecución de éstas.
- **Action Results (Resultados de las acciones):** Se reflejarán las acciones realmente implantadas que pueden, en algunos casos, no coincidir con las propuestas inicialmente recomendadas. Además, Se califica nuevamente la severidad, ocurrencia, detección y se calcula el RPN para verificar que disminuyo su valor.

ANEXO D

PLANES DE CONTROL DE PROCESO

D.1 PLANES DE CONTROL DE PROCESO DE JUNTA FIJA

- **PCP Corte**

		PLAN DE CONTROL DE PRODUCCION				OP:	10
						PC N°:	PCP-1002-2
CELDA	PRENSA 400	MAQUINA:	SIERRA COSEN	DESCRIPCION OP:	CORTE		
MODELO:	AC-1700i	APLICACIÓN:	L-90	NP:	F3638007T-1		
SERIE:	N.A.	ESTADO:	<input checked="" type="checkbox"/>	NP MAT. PRIMA:	UC1-6668	NP CLIENTE:	F3638007T-1
NIVEL DE ING:	L	FECHA:	05/14/2008	NP MAT. PRIMA OPC:	N.A	CLIENTE:	TH DE COLOMBIA

DISPOSITIVOS Y HERAMIENTAS							
#	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	ESPECIFICACION				
1	CINTA DE CORTE	1	1 1/4" x 3,82m - Calibre 0,035" - Paso 4 - 6				

CARACTERISTICAS DEL PROCESO								
#	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN	INTRUMENTO MEDICION	INSTRUCTIVO	METODO CONTROL	TAMAÑO MUESTRA	FREC INSP	PLAN REACCION
2	VELOCIDAD TRABAJO CINTA	26 - 34 m/min	TABLA	N.A.	PAP/LCH	1 PZA	PAP/ I.T	REAJUSTAR PAP
3	AVANCE TRABAJO	1,0 - 2,0	INDICADOR	N.A.	PAP/LCH	1 PZA	PAP/ I.T	REAJUSTAR PAP
4	PRESION DE AVANCE TRABAJO	2,0 - 3,0	INDICADOR	N.A.	PAP/LCH	1 PZA	PAP/ I.T	REAJUSTAR PAP
5	REFRIGERANTE	BRUMOL	V3-004-1105	N.A.	LVP	N.A.	LVP	ADICIONAR

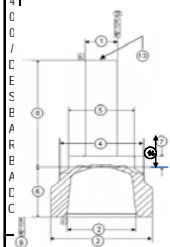
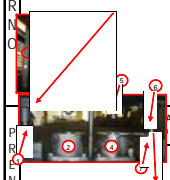
CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO								
#	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN	INTRUMENTO MEDICION	INSTRUCTIVO	METODO CONTROL	TAMAÑO MUESTRA	FREC INSP	PLAN REACCION
6	TIPO DE ACERO	UC1	TARJETA DE SILO	N.A.	PAP	N.A.	PAP	REAJUSTAR PAP
7	SECCIÓN	65.7 - 67.7	CALIBRADOR	N.A.	PAP/LCH/HR	2 PZA/ 2 PZA/ 1 PZA	PAP/ I.T/ C 100	REAJUSTAR PAP
8	LONGITUD	78,0 ± 0,5 mm	CALIBRADOR	N.A.	PAP/LCH/HR	2 PZA/ 2 PZA/ 1 PZA	PAP/ I.T/ C 100	REAJUSTAR PAP
9	PESO	2175 - 2195 g	BALANZA	N.A.	PAP/LCH/HR	2 PZA/ 2 PZA/ 1 PZA CADA 50	100%	REAJUSTAR PAP
10	PERPENDICULARIDAD	3.0° MAX	GONIOMETRO	N.A.	PAP/LCH	1 PZA	PAP / I.T	REAJUSTAR PAP

NIVEL DE REVISION					ABREVIATURAS		NOTA:
No MF	LET	CAMBIO	POR	VoBd	FECHA		
3-046-3707	..	LIBERADO	AC	JR	11/09/07	NA= NO APLICA PAP= PUESTA A PUNTO LCH= LISTA CHEQUEO CEP= CARTA EST. PROCESO HR=HOJA DE REGISTRO IT = INICIO DE TURNO LVP=LISTA DE VERIFICACION DE PARAMETROS	
3-060-2308	A	MODIFICADO PESO PLANEADO/NIVEL DE ING	AC	JR	01/06/08		

Cuando encuentre variación en los parametros del proceso y / o características del producto: "SIGA EL PLAN DE REACCION"

• PCP Forja

PLAN DE CONTROL DE PRODUCCION		PLAN DE CONTROL No. PCP-2001-1		CELDA PRENSA 400		DESCRIP. OP.: CALENTAMIENTO_FORJA_DESBARBADO		OP. No 20_30_40		HOJA 1 DE 1																										
CARACTERISTICAS DE INSPECCION		NOMBRE DE LA PARTE: JUNTA FIJA		ELABORO: AUDITOR DE CALIDAD		APROBO: JOHANA RUBIANO		CARGO: COORD. ASEGTO DE CALIDAD		FORMATO: F4-013-0805 Rev. 02																										
DESCRIPCION Y CONTROL PROCESO						DESCRIPCION Y CONTROL PRODUCTO						NIVEL DE REVISION DE INGENIERIA																								
Parametros		Especificacion Inst. medicion		INSTRUCTIVO		METODO CONTROL		TAMANO DE LA MUESTRA		FREC. INSP.		Caracteristicas		Especificacion Inst. medicion		Instructivo		METODO CONTROL		TAM. MUESTRA		FREC. INSP.		No MF		LET		CAMBIO		POR		VoBo		FECHA		
1. COLORACION LLAMA	VERDE		V4-006-0905		I3-002-0805		PAP/ LCH		N.A.		PAP/ IT		5. Cascarrilla		Libro de cascarrilla		N.A.		PAP		TODAS		100%		3-046-3707		—		Librado		AC		JR		11/09/07	
	V4-006-0905		I3-002-0805		PAP/ LCH		N.A.		PAP/ IT		6. Color de la pieza		Visual		Semejante coloracion		N.A.		PAP		TODAS		100%		3-052-0408		A		Adicionar NIP		AC		JR		23/01/08	
	1200 - 1400 °C		I4-003-0907		PAP/ LCH		N.A.		PAP/ IT																3-058-2308		B		Era 0.8		AC		JR		30/05/08	
	Pírometro Laser		N.A.		PAP/ LCH		N.A.		PAP/ IT																3-063-2508		E		Adicionar NIP F3638018T		AC		JR		21/06/08	
2. TEMPERATURA CAMARA	20 min. MHF 07		N.A.		PAP/ LCH		N.A.		PAP/ IT																3-075-3408		F		Adicionar NIP		PS		GP		22/08/08	
	Cronometro		N.A.		PAP/ LCH		N.A.		PAP/ IT																3-076-3508		G		Adicionar NIP F3632012T / F3638001T		AC		JR		28/08/08	
3. TIEMPO DE REFERENCIA	25 min doble cam		N.A.		PAP/ LCH		N.A.		PAP/ IT																3-083-3808		H		Era 81.0 ± 1.0		AC		JR		06/09/08	
	Cronometro		N.A.		PAP/ LCH		N.A.		PAP/ IT																3-098-4508		J		Mod. descripcion herramienta		LO		JR		06/11/08	
4. LOTE DE CARGA INICIAL	30 unidades ref.		N.A.		PAP/ LCH		N.A.		PAP/ IT																3-109-1109		K		Reorganizar Plan de Control		AC		LQ		11/03/09	
	Visual		N.A.		PAP/ LCH		N.A.		PAP/ IT																3-120-2809		L		Adicionar item de control		AC		LQ		10/07/09	
DESCRIPCION HERRAMENTAL						DESCRIPCION Y CONTROL PROCESO						DESCRIPCION Y CONTROL PRODUCTO																								
N/ PARTE		1. INSERTO RECALCADO		2. ANILLO 2do PASO		3. PUNZON 2do PASO		4. ANILLO 3er PASO		5. PUNZON 3er PASO		6. EMPUJADO R CAMPANA		7. CUCHILLA CAMPANA		Parametros		Especificacion Inst. medicion		Instructivo		METODO CONTROL		TAM. MUESTRA		FREC. INSP.										
F3638007T		IR-363800X-S IR-363800X-I		AS-3638007-S AS-3638007-I		PS-3638007		AT-3638007-S AT-3638007-I		PT-3638007		EC-3638007		CC-3638007		8. Temperatura Matriz		120 - 250 °C		Pírometro Laser		N.A.		PAP/ LCH		N.A.		PAP/ IT								
F3638012T		IR-363800X-S IR-363800X-I		AS-3638012-S AS-3638012-I		PS-3638012		AT-3638012-S AT-3638012-I		PT-3638012		EC-3638012		CC-3638012		9. Lubricacion Matriz		Aceite		Visual		N.A.		PAP		TODAS		100%								
F3638007T-1		IR-363800X-S IR-363800X-I		AS-3638007-1S AS-3638007-1I		PS-3638007-1		AT-3638007-1S AT-3638007-1I		PT-3638007-1		EC-3638007-1		CC-3638007-1		10. Temperatura pieza		1100 - 1250 °C		Pírometro Laser		I4-003-0907		PAP/ LCH		1 PZA		PAP/ IT								
F3638013T		IR-363800X-S IR-363800X-I		AS-3638013-S AS-3638013-I		PS-3638013		AT-3638013-S AT-3638013-I		PT-3638013		EC-3638013		CC-3638013		11. Alimacion Empujador Cuchilla		0,25 mm		Calibrador de Laminas		N.A.		PAP/ LCH		N.A.		PAP/ IT								
F3638018T		IR-363800X-S IR-363800X-I		AS-3638018-S AS-3638018-I		PS-3638018		AT-3638018-S AT-3638018-I		PT-3638018		EC-3638018		CC-3638018		12. Cascarrilla visual		Libre de cascarrilla visual		N.A.		PAP		TODAS		100%										
F3632012T		IR-363800X-S IR-363800X-I		AS-3632012-S AS-3632012-I		PS-3632012		AT-3632012-S AT-3632012-I		PT-3632012		EC-3632012		CC-3632012		13. Grieta/ pliegue/ poros		No debe presentar visual		N.A.		PAP		TODAS		100%										
F3638001T		IR-363800X-S IR-363800X-I		AS-3638001-S AS-3638001-I		PS-3638001		AT-3638001-S AT-3638001-I		PT-3638001		EC-3638001		CC-3638001		14. Rebabas		Formacion uniforme visual		N.A.		PAP		TODAS		100%										
																15. Forja incompleta		Visual		N.A.		PAP		TODAS		100%										



40 DESBARBADO SE
SMA PRENSA 400

DIMENSION EN mm

163

NOTA: Cuando encuentre variación en los parametros del proceso y/o características del producto, seguir PLAN DE REACCION

ABREVIATURAS
NA= NO APLICA
PAP= PUESTA A PUNTO
LCH= LISTA CHEQUEO
INST= INSTRUCTIVO
IT= INICIO DE TURNO
HR=HOJA DE REGISTRO

CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO													
NUMERO DE PARTE	NIVEL DE INGENIERIA	FECHA	APLICACION	ESPECIFICACION	1. Ø del Vastago	2. Ø Interior Campana	3. Ø exterior campana	4. Ø ABS	5. Ø Deflector	6. Distancia fondo a base campana	7. Dist. Hombro a fondo campana	8. Dist. ext. Vastago a fondo campana	9. Run-out Ø ext. Campana Vs. Eje central
F3638007T	L	14/05/2008	L-90		24.4 - 26.4	48.7 - 50.7	78.0 - 80.0	N.A.	57.3 - 59.3	50.40 - 52.40	11.6 - 13.6	95.60 - 99.60	MAX 1.0
	D	29/02/2008	2300i		26.5 - 28.50	56.70 - 58.7	85.0 - 87.0	76.3 - 78.3	55.3 - 57.3	54.0 - 56.0	8.5 - 10.5	103.4 - 105.4	MAX 1.0
F3638012T	L	14/05/2008	L-90		24.4 - 26.4	48.7 - 50.7	78.0 - 80.0	N.A.	57.3 - 59.3	50.40 - 52.40	11.6 - 13.6	95.60 - 99.60	MAX 1.0
	D	29/02/2008	2300i		26.5 - 28.50	56.70 - 58.7	85.0 - 87.0	76.3 - 78.3	55.3 - 57.3	54.0 - 56.0	8.5 - 10.5	103.4 - 105.4	MAX 1.0
F3638007T-1	L	14/05/2008	L-90		24.4 - 26.4	48.7 - 50.7	78.0 - 80.0	N.A.	57.3 - 59.3	50.40 - 52.40	11.6 - 13.6	95.60 - 99.60	MAX 1.0
	D	29/02/2008	2300i		26.5 - 28.50	56.70 - 58.7	85.0 - 87.0	76.3 - 78.3	55.3 - 57.3	54.0 - 56.0	8.5 - 10.5	103.4 - 105.4	MAX 1.0
F3638013T	H	18/04/2008	FORD AMAZON		27.5 - 29.7	51.2 - 53.2	78.0 - 80.0	N.A.	58.3 - 60.3	48.6 - 50.6	8.9 - 10.9	97.7 - 99.7	MAX 1.0
	LIB	14/05/2008	MEGANE/CLIO		24.4 - 26.4	48.7 - 50.7	80.0 - 82.0	N.A.	57.3 - 59.3	50.4 - 52.4	11.6 - 13.6	95.6 - 99.6	MAX 1.0
F3638018T	L	14/05/2008	MEGANE/CLIO		24.4 - 26.4	48.7 - 50.7	80.0 - 82.0	N.A.	57.3 - 59.3	50.4 - 52.4	11.6 - 13.6	95.6 - 99.6	MAX 1.0
	E	25/08/2008	GETZ		27.38 - 28.68	53.7 - 55.7	82 - 84	N.A.	53.8 - 55.1	54.0 - 56.0	12.8 - 14.8	107.3 - 109.3	MAX 1.0
F3632012T	J	18/04/2008	R-9		27.3 - 29.3	52.3 - 54.3	84.0 - 86.0	N.A.	51.7 - 52.7	46.0 - 48.0	14.5 - 16.5	95.5 - 97.5	MAX 1.0
	J	18/04/2008	R-9		27.3 - 29.3	52.3 - 54.3	84.0 - 86.0	N.A.	51.7 - 52.7	46.0 - 48.0	14.5 - 16.5	95.5 - 97.5	MAX 1.0

CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO														
NUMERO DE PARTE	NIVEL DE INGENIERIA	FECHA	APLICACION	10. Run-out Ø vastago Vs. Eje central	11. Grieta/ pliegue/ poros	12. Rebabas	13. Cara plana para centrado	14. Distancia Hombro a inicio Bisel	#	INST	METODO CONTROL	TAM. MUESTRA	FRECUENCIA INSPECCION	
F3638007T	L	14/05/2008	L-90		MAX 1.0	AUSENCIA	0.5 MAX	17.0 min	N.A.	1	NA	PAP/ITC	1 PIEZA	PAP /ITC 50
	D	29/02/2008	2300i		SUNDSTRAND	MAGNAFLUX	CALIBRADOR	CALIBRADOR	N.A.	2	NA	PAP/ITC	1 PIEZA	PAP /ITC 50
F3638012T	L	14/05/2008	L-90		MAX 1.0	AUSENCIA	0.5 MAX	17.0 min	N.A.	3	NA	PAP/ITC	1 PIEZA	PAP /ITC 50
	D	29/02/2008	2300i		SUNDSTRAND	MAGNAFLUX	CALIBRADOR	CALIBRADOR	GRAMIL	4	NA	PAP/ITC	1 PIEZA	PAP /ITC 50
F3638007T-1	L	14/05/2008	L-90		MAX 1.0	AUSENCIA	0.5 MAX	17.0 min	N.A.	5	NA	PAP/ITC	1 PIEZA	PAP /ITC 50
	D	29/02/2008	2300i		SUNDSTRAND	MAGNAFLUX	CALIBRADOR	CALIBRADOR	N.A.	6	NA	PAP/ITC	1 PIEZA	PAP /ITC 50
F3638013T	H	18/04/2008	FORD AMAZON		MAX 1.0	AUSENCIA	0.5 MAX	19.7 min	27.0 - 28.0	7	NA	PAP/ITC	1 PIEZA	PAP /ITC 50
	LIB	14/05/2008	MEGANE/CLIO		MAX 1.0	AUSENCIA	0.5 MAX	19.7 min	17.14 - 19.14	8	NA	PAP/ITC	1 PIEZA	PAP /ITC 50
F3638018T	L	14/05/2008	MEGANE/CLIO		MAX 1.0	AUSENCIA	0.5 MAX	17.0 min	N.A.	9	NA	PAP/ITC	1 PIEZA	PAP /ITC 50
	E	25/08/2008	GETZ		MAX 1.0	AUSENCIA	0.5 MAX	17.0 min	N.A.	11	NA	PAP	1 PIEZA	PAP /ITC 50
F3632012T	J	18/04/2008	R-9		MAX 1.0	AUSENCIA	0.5 MAX	17.0 min	26.85 - 30.85	12	NA	PAP/ITC	1 PIEZA	PAP /ITC 50
	J	18/04/2008	R-9		SUNDSTRAND	MAGNAFLUX	CALIBRADOR	CALIBRADOR	GRAMIL	13	NA	PAP/ITC	1 PIEZA	PAP /ITC 50

D.2 PLANES DE CONTROL DE PROCESO DE BOCÍN

- PCP Corte

PLAN DE CONTROL DE PRODUCCION						OP:	10
						PC N°:	PCM-1002-1
LÍNEA:	MARTILLO 6300	MAQUINA:	SIERRA COSEN	DESCRIPCION OP:	CORTE		
MODELO:	ND	APLICACIÓN:	J 200 (OPTRA)			NP:	F22025T
SERIE:	ND	ESTADO:		NP MAT. PRIMA:	1045-6033	NP CLIENTE:	F22025T
NIVEL DE ING:	G	FECHA:	21/03/2008	NP MAT. PRIMA OPC:	NA	CLIENTE:	TRANSEJES

#	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	CINTA DE CORTE	1

CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO								
#	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN	INSTRUMENTO MEDICION	INSTRUCTIVO	METODO CONTROL	TAMAÑO MUESTRA	FREC INSP	PLAN REACCION
2	VELOCIDAD TRABAJO CINTA	26 - 34 m/min	TABLA	N.A.	PAP/LCH	1 PZA	PAP/ I.T	REAJUSTAR PAP
3	AVANCE TRABAJO	1,0 - 2,0	INDICADOR	N.A.	PAP/LCH	1 PZA	PAP/ I.T	REAJUSTAR PAP
4	PRESION DE AVANCE TRABAJO	2,0 - 3,0	INDICADOR	N.A.	PAP/LCH	1 PZA	PAP/ I.T	REAJUSTAR PAP
5	REFRIGERANTE	BRUMOL	V3-004-1105	N.A.	LVP	N.A.	LVP	ADICIONAR

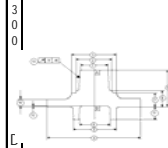
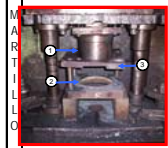
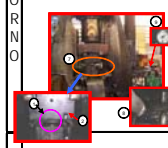
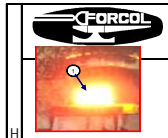
CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO								
#	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN	INSTRUMENTO MEDICION	INSTRUCTIVO	METODO CONTROL	TAMAÑO MUESTRA	FREC INSP	PLAN REACCION
6	TIPO DE ACERO	SAE 1045	TARJETA DE SILO	N.A.	PAP	N.A.	PAP	REAJUSTAR PAP
7	SECCIÓN	59,33 - 61,33 mm	CALIBRADOR	N.A.	PAP/LCH/HR	2 PZA/ 2 PZA/ 1 PZA	PAP/ I.T/ C 100	REAJUSTAR PAP
8	LONGITUD	145,0 ± 0,5	CALIBRADOR	N.A.	PAP/LCH/HR	2 PZA/ 2 PZA/ 1 PZA	PAP/ I.T/ C 100	REAJUSTAR PAP
9	PESO	3136 - 3374 g	BALANZA	N.A.	PAP/LCH	2 PZA/ 2 PZA	PAP/ I.T	REAJUSTAR PAP
10	PERPENDICULARIDAD	2° máx	GONIOMETRO	N.A.	PAP/LCH	1 PZA	PAP / I.T	REAJUSTAR PAP

NIVEL DE REVISION						ABREVIATURAS	NOTA:
No MF	LET	CAMBIO	POR	VoBo	FECHA	NA= NO APLICA PAP= PUESTA A PUNTO LCH= LISTA CHEQUEO CEP= CARTA EST. PROCESO HR=HOJA DE REGISTRO IT = INICIO DE TURNO LVP=LISTA DE VERIFICACION DE PARA	Cuando encuentre variación en los parámetros del proceso y / o características del producto: "SIGA EL PLAN DE REACCION"
3-053-0908	--	LIBERADO	AC	JR	25/02/08		

F4-015-0805 REV. 02

• PCP Forja

PLAN DE CONTROL DE PRODUCCION		PLAN DE CONTROL No.	PCM-2001-1	CELDA	MARTILLO 6300	DESCRIP. OP.	CALENTAMIENTO_FORJA_DESARBADO			OP. No	20_30_40	HOJA	1 DE 1								
CARACTERISTICAS DE INSPECCION		NOMBRE DE LA PARTE:	CUBO RUEDA			ELABORO:	AUDITOR DE CALIDAD	APROBO:	JOHANA RUBIANO	CARGO:	COORD. ASEGTO. DE CALIDAD	FORMATO:	F4-013-0805 Rev: 2								
DESCRIPCION Y CONTROL PROCESO						DESCRIPCION Y CONTROL PRODUCTO						NIVEL DE REVISION									
Parámetros	Especificación Inst. medición	INSTRUCTIVO	METODO CONTROL	TAMANO DE LA MUESTRA	FREC. INSP.	Características	Especificación Inst. medición	Instructivo	METODO CONTROL	TAM. MUESTRA	FREC. INSP.	No MF	LET	CAMBIO	POR	VoBo	FECHA				
												3-008-2206	—	Liberao	FE	JR	03/06/06				
1. COLORACION LLAMA	VERDE V4-006-0905	IB-002-0805	PAP/ LCH	N.A.	PAP/ IT	5. Cascarella	Libre de cascarella	N.A.	PAP	TODAS	100%	3-028-4006	A	Se añaio cubo aveo	AC	JR	04/10/06				
2. TEMPERATURA CAMARA	1200 - 1400 °C PIROMETRO LASER 20 min tiempo azul	IA-003-0907	PAP/ LCH	N.A.	PAP/ IT	6. Color de la pieza	Siguiente coloracion V4-007-0905	N.A.	PAP	TODAS	100%	3-053-0408	B	Cambio codigo PC	AC	JR	23/01/08				
3. TIEMPO DE REFERENCIA	30 min doble cam. Cronometro	N.A.	PAP/ LCH	N.A.	PAP/ IT																
4. LOTE DE CARGA INICIAL	Visual 30 unidades ref.	N.A.	PAP/ LCH	N.A.	PAP/ IT																
DESCRIPCION HERRAMENTAL						DESCRIPCION Y CONTROL PROCESO															
N / PARTE	MATRIZ	1. INSERTO	2. MATRIZ																		
F22025T	IA-22025-S	MM-22025-S																			
F22039T	IA-22039-S	MM-22039-S																			
DESCRIPCION Y CONTROL PROCESO						DESCRIPCION Y CONTROL PRODUCTO															
Parámetros	Especificación Inst. medición	Instructivo	METODO CONTROL	TAM. MUESTRA	FREC. INSP.																
3. Temperatura Matriz	120 - 250 °C Pirometro	N.A.	PAP/ LCH	N.A.	PAP/ IT																
4. Lubricación Matriz	Acete y grafito Visual	N.A.	PAP	TODAS	100%																
5. Presión maquina	6 - 8 atm MANOMETRO	N.A.	PAP/ LCH	1 PZA.	PAP/ IT																
DESCRIPCION Y CONTROL PRODUCTO						DESCRIPCION Y CONTROL PROCESO															
6. Cascarella	Libre de cascarella visual	N.A.	PAP	TODAS	100%																
7. Grieta/ pliegues/ poros	No debe presentar visual	N.A.	PAP	TODAS	100%																
8. Rebabas	Formacion uniforme visual	N.A.	PAP	TODAS	100%																
9. Forja incompleta	Uniformidad Visual	N.A.	PAP	TODAS	100%																
DESCRIPCION HERRAMENTAL						DESCRIPCION Y CONTROL PROCESO						NOTA: Cuando encuentre variación en los parámetros del proceso y/o características del producto, seguir PLAN DE REACCION									
N / PARTE	NIVEL DE INGENIERIA	FECHA	APLICACION	1. EMPUJADOR CONTORNO	2. CUCHILLA CONTORNO	3. PLACA RETENEDORA															
F22025T	G	21/03/2006	OPTRA	EE-22025	CE-22025	RL-22025															
F22039T	A	05/05/2006	AVEO	EE-22039	CE-22039	RL-22039															
DESCRIPCION Y CONTROL PROCESO						DESCRIPCION Y CONTROL PRODUCTO						ABREVIATURAS									
												NA= NO APLICA PAP= PUESTA A PUNTO LCH= LISTA CHEQUEO INST= INSTRUCTIVO IT= INICIO DE TURNO HR=HOJA DE REGISTRO CB= CADA BACHE DE CARGA EN EL HORNO									
CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO																					
NUMERO DE PARTE	ESPECIFICACION REST	1. Ø Menor del cubo	2. Ø Intermedio	3. Ø Mayor del cubo	4. Ø Brida	5. Ø Ext. Lado rueda	6. Ø Int. Lado rueda	7. Det. Base brida Vs Ø Mayor cubo	8. Det base brida Vs Ø Inter. Cubo	9. Det. base brida Vs Ø Menor cubo	10. Espesor brida	11. Det. brida a extremo lado rueda	12. Det. Base brida a fondo lado rueda	13. Run Out AB	14. Salientes de rebaba	15. Deformacion	#	INST	METODO CONTROL	TAM. MUESTRA	FRECUENCIA INSPECCION
F22025T	CALIBRADOR	40.10 - 42.10	52.30 - 54.30	66.30 - 68.30	36.30 - 38.30	59.50 - 61.50	42.70 - 44.70	24.00 - 25.00	28.50 - 29.50	65.00 - 66.00	15.80 - 16.80	22.00 - 23.00	0.0 - 1.0	1.0 MAX	1.0 MAX	Ausencia	1	NA	PAP/LCH	1 PIEZA	PAP / IT/CB
F22039T	CALIBRADOR	37.00 - 39.00	49.30 - 51.30	64.30 - 66.30	32.30 - 34.30	55.50 - 57.50	42.70 - 44.70	21.3 - 22.3	26.3 - 27.3	62.0 - 63.0	15.8 - 16.8	22.00-23.00	3.0 - 4.0	1.0 MAX	1.0 MAX	Ausencia	3	NA	PAP/LCH	1 PIEZA	PAP / IT/CB
	CALIBRADOR																4	NA	PAP/LCH	1 PIEZA	PAP / IT
																	5	NA	PAP/LCH	1 PIEZA	PAP / IT/CB
																	6	NA	PAP/LCH	1 PIEZA	PAP / IT
																	7	NA	PAP/LCH	1 PIEZA	PAP / IT
																	8	NA	PAP/LCH	1 PIEZA	PAP / IT
																	9	NA	PAP/LCH	1 PIEZA	PAP / IT/CB
																	10	NA	PAP	1 PIEZA	100%
																	11	NA	PAP/LCH	1 PIEZA	PAP / IT/CB
																	12	NA	PAP/LCH	1 PIEZA	PAP / IT
																	13	NA	PAP/LCH	1 PIEZA	PAP / IT/CB
																	14	NA	PAP/LCH	1 PIEZA	PAP / IT/CB
																	15	NA	PAP	1 PIEZA	100%



165

INSPECCION

DIMENSION EN mm

D.3 PLANES DE CONTROL DE PROCESO DE ESPIGA

- **PCP Corte**

PLAN DE CONTROL DE PRODUCCION						OP:	10
						PC N°:	PCR-1002-14
LÍNEA:	RECALCADO	MAQUINA:	SIERRA COSEN	DESCRIPCIÓN OP:	CORTE		
MODELO:	N.A.	APLICACIÓN:	I - 190		NP:	F2-54-0001T	
SERIE:	N.A.	ESTADO:		NP MAT. PRIMA:	1045-6033	NP CLIENTE:	F2-54-0001T
NIVEL DE ING:	B	FECHA:	07/06/2008	NP MAT. PRIMA OPC:	N.A.	CLIENTE:	TRANSEJES

#	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	CINTA DE CORTE	1

CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO								
#	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN	INSTRUMENTO MEDICIÓN	INSTRUCTIVO	METODO CONTROL	TAMAÑO MUESTRA	FREC INSP	PLAN REACCION
2	VELOCIDAD TRABAJO CINTA	26 - 34 m/min	TABLA	N.A.	PAP/LCH	1 PZA	PAP/ I.T	REAJUSTAR PAP
3	AVANCE TRABAJO	1,0 - 2,0	INDICADOR	N.A.	PAP/LCH	1 PZA	PAP/ I.T	REAJUSTAR PAP
4	PRESION DE AVANCE TRABAJO	2,0 - 3,0	INDICADOR	N.A.	PAP/LCH	1 PZA	PAP/ I.T	REAJUSTAR PAP
5	REFRIGERANTE	BRUMOL	V3-004-1105	N.A.	LVP	N.A.	LVP	ADICIONAR

CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO								
#	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN	INSTRUMENTO MEDICIÓN	INSTRUCTIVO	METODO CONTROL	TAMAÑO MUESTRA	FREC INSP	PLAN REACCION
6	TIPO DE ACERO	SAE 1045	TARJETA DE SILO	N.A.	PAP	N.A.	PAP	REAJUSTAR PAP
7	SECCIÓN	59.3 - 61.3	CALIBRADOR	N.A.	PAP/LCH/HR	2 PZA/ 2 PZA/ 1 PZA	PAP/ I.T/ C 100	REAJUSTAR PAP
8	LONGITUD	64,5 ± 0,5	DGR-10-03	N.A.	PAP/LCH/HR	2 PZA/ 2 PZA/ 1 PZA	PAP/ I.T/ C 100	REAJUSTAR PAP
9	PESO	1389 - 1507 g	BALANZA	N.A.	PAP/LCH	2 PZA/ 2 PZA	PAP/ I.T	REAJUSTAR PAP
10	PERPENDICULARIDAD	3.0° MAX	GONIOMETRO	N.A.	PAP/LCH	1 PZA	PAP / I.T	REAJUSTAR PAP

NIVEL DE REVISION						ABREVIATURAS		NOTA:
No MF	LET	CAMBIO	POR	VoBo	FECHA			Cuando encuentre variación en los parámetros del proceso y / o características del producto: "SIGA EL PLAN DE REACCION"
3-053-0908	--	LIBERADO	AC	JR	25/02/08	NA= NO APLICA PAP= PUESTA A PUNTO LCH= LISTA CHEQUEO CEP= CARTA EST. PROCESO HR=HOJA DE REGISTRO IT = INICIO DE TURNO LVP=LISTA DE VERIFICACION DE PARA		
3-060-2308	A	MODIFICADO PESO PLANEADO/NIVEL DE ING	AC	JR	01/06/08			

F4-015-0805 REV. 02

• PCP Forja

PLAN DE CONTROL DE PRODUCCION		PLAN DE CONTROL No.	PCELDA	RECALCADO	DESCRIP. OP.:	CALENTAMIENTO_FORJA_DESARBADO	OP. No	20_30_40	HOJA	1 DE 1													
CARACTERISTICAS DE INSPECCION		NOMBRE DE LA PARTE:	ESPIGA	ELABORO:	AUDITOR DE CALIDAD	APROBO:	LEONARDO QUESADA	CARGO:	PROCESOS Y ASEG. DE CALIDAD	FORMATO:	F4.013-8805	Rev.: 2											
HORNOS		DESCRIPCION Y CONTROL PROCESO						DESCRIPCION Y CONTROL PRODUCTO						NIVEL DE REVISION									
		Parámetros	Especificación Inst. medición	INSTRUCTIVO	METODO CONTROL	TAMARO DE LA MUESTRA	FREC. INSP.	Características	Especificación Inst. medición	Instructivo	METODO CONTROL	TAM MUESTRA	FREC. INSP.	No MF	LET	CAMBIO	PCR	VoBo	FECHA				
		1. COLORACION LLAMA	VERDE V4-006-0905	I3-002-0805	PAP/ LCH	N.A.	PAP/ IT	5. Cascarilla	Libre de cascarilla Visual	N.A.	PAP	TODAS	100%	3-004-2206	---	Librado	FE	JR	03/06/06				
		2. TEMPERATURA CAMARA	1200 - 1400 °C PIROMETRO LASER	I4-003-0907	PAP/ LCH	N.A.	PAP/ IT	6. Color de la pieza	Semejante V4-007-0905	N.A.	PAP	TODAS	100%	3-025-3706	A	Se actualizo segun cambios en el plano del producto	AC	JR	11/09/06				
		3. TIEMPO DE REFERENCIA	20 min homo azul Cronometro	N.A.	PAP/ LCH	N.A.	PAP/ IT							3-047-3807	B	Incluido esgigo mazda	AC	JR	17/09/07				
		4. LOTE DE CARGA INICIAL	30 unidades ref. Visual	N.A.	PAP/ LCH	N.A.	PAP/ IT							3-74-3308	C	Se actualizo segun cambios en el plano del producto de esgigo Mazda	PG	GP	15/08/08				
														3-075-3808	D	Actualizacion de formato	AC	JR	29/08/08				
														3-085-3808	E	Adicion medición de run out	AC	JR	19/09/08				
														3-097-4408	F	Adicion N/P y Modificaciones Ing.	LO	JR	31/10/08				
														3-103-0609	G	Adicionar Numero de Parte	LO	JR	04/02/09				
												3-122-2909	H	Modificaciones Varías	AC	LO	15/07/09						
RECALCADO		DESCRIPCION HERRAMENTAL						DESCRIPCION Y CONTROL PROCESO						DESCRIPCION Y CONTROL PRODUCTO									
		N / PARTE	1. INSERTO PRIMER PASO	2. INSERTO SEGUNDO PASO	3. INSERTO TERCER PASO	4. PUNZON 1er y 2do PASO	5. PUNZON 3er PASO	6. TOPES	Parámetros	Especificación Inst. medición	Instructivo	METODO CONTROL	TAM MUESTRA	FREC. INSP.									
		F2-54-0001T	IP-2540001-S IS-2540001-I	IS-2540001-S IT-2540001-I	IT-2540001-S PS-2540001-I	PP-2540001	PT-2540001	TT-2540001	7. Temperatura Matriz	100 - 250 °C Prometro Laser	N.A.	PAP/ LCH	N.A.	PAP/ IT									
		DF3-53-001T-1	IP-353001-S IS-353001-I	IS-353001-S IT-353001-I	N.A.	PP-353001	N.A.	TP-353001 TS-353001	8. Lubricación Matriz	Acetite Visual	N.A.	PAP	TODAS	100%									
		F2-53-001T-1	IP-253001-S IS-253001-I	IS-253001-S IT-253001-I	IT-253001-S PS-253001-I	PP-253001	PT-253001	TT-253001	9. Temperatura pieza	1100 - 1300 °C Prometro Laser	N.A.	PAP/ LCH	1 PZA.	PAP/ IT									
		F2-53-001T-3	IP-253001-3S IS-253001-3I	IS-253001-3S IT-253001-3I	IT-253001-3S PS-253001-3I	PP-253001-3	PT-253001-3	TT-253001-3															
		F2-53-001T-2	IP-253001-2S IS-253001-2I	IS-253001-2S IT-253001-2I	IT-253001-2S PS-253001-2I	PP-253001-2	PT-253001-2	TT-253001-2	10. Cascarilla	Libre de cascarilla visual	N.A.	PAP	TODAS	100%									
									11. Grieta/ pliegue/ poros	No debe presentar visual	N.A.	PAP	TODAS	100%									
									12. Rebabas	Formación uniforme visual	N.A.	PAP	TODAS	100%									
									13. Forja Incompleta	Uniformidad Visual	N.A.	PAP	TODAS	100%									
DESARBADO		DESCRIPCION HERRAMENTAL						DESCRIPCION Y CONTROL PROCESO						DESCRIPCION Y CONTROL PRODUCTO									
		N / PARTE	1. EMPUJADOR CONTORNO	2. CUCHILLA CONTORNO	3. CUCHILLA CAMPANA	4. EMPUJADOR CAMPANA			Parámetros	Especificación Inst. medición	INST	MET CONT	TAM. MUESTRA	FREC. INSP.									
		F2-54-0001T	EE-2540001	CE-2540001	CC-250001	EC-2540001			6. Alineación Empujador Cuchilla Campana	0.25 mm Calibrador de laínas	N.A.	PAP/ LCH	N.A.	PAP/ IT									
		DF3-53-001T-1	EE-353001	CE-353001	CC-353001	EC-353001			7. Alineación Empujador Cuchilla Perfil	0.25 mm Calibrador de laínas	N.A.	PAP/ LCH	N.A.	PAP/ IT									
		F2-53-001T-1	EE-253001	CE-253001	CC-253001	EC-253001																	
		F2-53-001T-3	EE-253001-3	CE-253001-3	CC-253001-3	EC-253001-3																	
		F2-53-001T-2	EE-253001-2	CE-253001-2	CC-253001-2	EC-253001-2																	
INSPECCION		CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO																					
		NUMERO DE PARTE	NIVEL DE INGENIERIA	FECHA	APLICACION	ESPECIFICACION	1. Ø DE ENSAMBLAJE	2. Ø DEFLECTOR	3. Ø VASTAGO	4. LONGITUD TOTAL	5. DIST BASE A ASTO VASTAGO	6. DIST BASE A ASTO ROD.	7. DIST BASE A INICIO BISEL	8. Ø. RODAMIENTO	9. RUN OUT	10. Grieta/ pliegue/ poros	11. Rebabas	#	INST	METOD ONTRC	TAM. MUESTRA	FRECUENCIA INSPECCION	
		F2-54-0001T	B	07/06/2006	I-190	64.50 - 66.50	48.20 - 49.8	32.20 - 33.80	122.40 - 124.00	48.70 - 50.30	37.70 - 39.30	17.00 - 18.50	40.20 - 41.80	1.0 MÁX	AUSENCIA	0.8 MAX	1	NA	PAP/ LCH	1 PIEZA	PAP/ ITIC B		
		DF3-53-001T-1	E	07/06/2006	NPR	78.59 - 80.95	61.14 - 63.50	42.09 - 44.45	141.18 - 144.32	43.66 - 46.02	31.32 - 32.82	23.58 - 24.08	51.58 - 53.94	1.0 MÁX	AUSENCIA	0.8 MAX	3	NA	PAP/ LCH	1 PIEZA	PAP/ ITIC B		
		F2-53-001T-1	G	02-16-2009	MAZDA	63.50 - 65.02	57.2 - 58.8	31.2 - 32.8	133.0 - 137.6	60.7 - 62.3	38.6 - 40.2	20.1 - 21.7	41.7 - 43.3	0.5 MÁX	AUSENCIA	0.8 MAX	5	NA	PAP/ LCH	1 PIEZA	PAP/ ITIC B		
		F2-53-001T-3	G	02-16-2009	MAZDA DIESEL	63.50 - 65.02	57.2 - 58.8	31.2 - 32.8	135.7 - 138.7	76.2 - 77.8	40.2 - 41.8	21.2 - 22.8	41.7 - 43.3	0.5 MÁX	AUSENCIA	0.8 MAX	7	NA	PAP/ LCH	1 PIEZA	PAP/ IT		
		F2-53-001T-2	G	02-16-2009	HI-LUX	63.50 - 65.02	57.2 - 58.8	31.2 - 32.8	146.0 - 150.6	65.7 - 67.3	44.1 - 45.7	25.1 - 26.7	41.7 - 43.3	0.5 MÁX	AUSENCIA	0.8 MAX	9	NA	PAP/ LCH	1 PIEZA	PAP/ IT		

167

NOTA: Cuando encuentre variación en los parámetros del proceso y/o características del producto, seguir PLAN DE REACCION

ABREVIATURAS
 NA= NO APLICA
 PAP= PUESTA A PUNTO
 LCH= LISTA CHEQUEO
 INST= INSTRUCTIVO
 IT= INICIO DE TURNO
 HR=HOJA DE REGISTRO

DIMENSION EN mm

D.4 PLANES DE CONTROL DE PROCESO DE TRICETA

- **PCP Corte**

PLAN DE CONTROL DE PRODUCCION							OP:	10
							PC N°:	PCP-1002-8
CELDA	PRENSA 400	MAQUINA:	SIERRA COSEN	DESCRIPCION OP:	CORTE			
MODELO:	GI-2600i	APLICACIÓN:	TRIPODE GI-2600i			NP:	F350818T	
SERIE:	ND	ESTADO:		NP MAT. PRIMA:	18CD4-3175	NP CLIENTE:	F350818T	
NIVEL DE ING:	C	FECHA:	29/02/2008	NP MAT. PRIMA OPC:	NA	CLIENTE:	TH DE COLOMBIA	

#	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	CINTA DE CORTE	1

CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO								
#	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN	INSTRUMENTO MEDICION	INSTRUCTIVO	METODO CONTROL	TAMAÑO MUESTRA	FREC INSP	PLAN REACCION
2	VELOCIDAD TRABAJO CINTA	60 - 70 m/min	TABLA	N.A.	PAP/LCH	1 PZA	PAP/ I.T	REAJUSTAR PAP
3	AVANCE TRABAJO	1,0 - 2,5	INDICADOR	N.A.	PAP/LCH	1 PZA	PAP/ I.T	REAJUSTAR PAP
4	PRESION DE AVANCE TRABAJO	1,0 - 3,0	INDICADOR	N.A.	PAP/LCH	1 PZA	PAP/ I.T	REAJUSTAR PAP
5	REFRIGERANTE	BRUMOL	V3-004-1105	N.A.	PAP/LCH	N.A.	PAP/ I.T	ADICIONAR

CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO								
#	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN	INSTRUMENTO MEDICION	INSTRUCTIVO	METODO CONTROL	TAMAÑO MUESTRA	FREC INSP	PLAN REACCION
6	TIPO DE ACERO	18CD4	TARJETA DE SILO	N.A.	PAP	N.A.	PAP	REAJUSTAR PAP
7	SECCIÓN	31,25 - 32,25 mm	CALIBRADOR	N.A.	PAP/LCH/HR	2 PZA/ 2 PZA/ 1 PZA	PAP/ I.T/ C 100	REAJUSTAR PAP
8	LONGITUD	73,0 ± 0,5 mm	CALIBRADOR	N.A.	PAP/LCH/HR	2 PZA/ 2 PZA/ 1 PZA	PAP/ I.T/ C 100	REAJUSTAR PAP
9	PESO	440 - 460 g	BALANZA	N.A.	PAP/LCH	2 PZA/ 2 PZA	PAP/ I.T	REAJUSTAR PAP
10	PERPENDICULARIDAD	2° máx	GONIOMETRO	N.A.	PAP/LCH	1 PZA	PAP / I.T	REAJUSTAR PAP

NIVEL DE REVISION						ABREVIATURAS	NOTA:
No MF	LET	CAMBIO	POR	VoBo	FECHA		
3-111-1209	--	LIBERADO	AC	LQ	20/03/09	NA= NO APLICA	Cuando encuentre variación en los parámetros del proceso y / o características del producto: "SIGA EL PLAN DE REACCION"
3-126-3109	A	SE MODIFICO PARAMETROS	AC	LQ	27/07/09	PAP= PUESTA A PUNTO	
						LCH= LISTA CHEQUEO	
						CEP= CARTA EST. PROCESO	
						HR=HOJA DE REGISTRO	
						IT = INICIO DE TURNO	
						LVP=LISTA DE VERIFICACION DE PARA	

F4-015-0805 REV. 02

• PCP Forja

PLAN DE CONTROL DE PRODUCCION		PLAN DE CONTROL No. PCP-2001-2		CELDA PRENSA 400		DESCRIP. OP.: HORNO_PRENSA_DESBARBADO		OP. No 20_30_40		HOJA 1 DE 1										
CARACTERISTICAS DE INSPECCION		NOMBRE DE LA PARTE: TRIPODES		ELABORO: AUDITOR DE CALIDAD		APROBO: LEONARDO QUESADA		CARGO:		COORD. PROCESOS Y ASEG. CALIDAD										
		DESCRIPCION Y CONTROL PROCESO						DESCRIPCION Y CONTROL PRODUCTO												
		NIVEL DE REVISION																		
		No MF	LET	CAMBIO	POR	VtoB	FECHA													
		3-092-4108	-	LIBERADO	LO	JR	10/10/08													
		3-111-1209	A	ADICIONAR N/P	AC	LO	20/03/09													
H O R N O		DESCRIPCION Y CONTROL PROCESO		DESCRIPCION Y CONTROL PRODUCTO																
		Parámetros	Especificación Inst. medición	INSTRUCTIVO	METODO CONTROL	TAMANO DE LA MUESTRA	FREC. INSP.	Características	Especificación Inst. medición	Instructivo	METODO CONTROL	TAM. MUESTRA	FREC. INSP.							
		1. COLORACION LLAMA	VERDE V4-006-0905	I3-002-0805	PAP/ LCH	N.A.	PAP/ IT	5. Cascarilla	Libre cascarilla	N.A.	PAP	TODAS	100%							
		2. TEMPERATURA CAMARA	1200 - 1400 °C PIROMETRO LASER	I4-003-0907	PAP/ LCH	N.A.	PAP/ IT	6. Color de la pieza	Semejante coloracion V4-007-0905	N.A.	PAP	TODAS	100%							
P R E N S A		DESCRIPCION Y CONTROL PROCESO		DESCRIPCION Y CONTROL PRODUCTO																
		N / PARTE	1. MATRIZ PREFORMA SUP.	2. ANILLO MATRIZ SUP. INF.				Parámetros	Especificación Inst. medición	Instructivo	METODO CONTROL	TAM. MUESTRA	FREC. INSP.							
		F350918T	MB-350918-S MB-350918-I	AA-350918-S AA-350918-I				3. Temperatura Matriz	100 - 250 °C Pirometro Laser	N.A.	PAP/ LCH	N.A.	PAP/ IT							
		F350202T	MB-350202-S MB-350202-I	AA-350202-S AA-350202-I				4. Lubricación Matriz	Acetate y grafito Visual	N.A.	PAP	TODAS	100%							
D E S B A R B A D O R		DESCRIPCION Y CONTROL PROCESO		DESCRIPCION Y CONTROL PRODUCTO																
		F350823T	MB-350823-S MB-350823-I	AA-350823-S AA-350823-I				5. Temperatura pieza	900 - 1200 °C Pirometro Laser	N.A.	PAP/ LCH	1 PZA.	PAP/ IT							
		F350818T	MB-350818-S MB-350818-I	AA-350818-S AA-350818-I				6. Cascarilla	Libre de cascarilla visual	N.A.	PAP	TODAS	100%							
								7. Grieta/ pliegue/ poros	No debe presentar visual	N.A.	PAP	TODAS	100%							
I N S P E C C I O N		DESCRIPCION HERRAMENTAL		DESCRIPCION Y CONTROL PROCESO																
		N / PARTE	1. EMPUJADOR PERFIL	2. CUCHILLA PERFIL				Parámetros	Especificación Inst. medición	INST	MET CONT	TAM. MUESTRA	FREC. INSP.							
		F350918T	EE-350918	CE-350918				6. Alinación Empujador Cuchilla Contorno	0.25 mm Calibrador de linaas	N.A.	PAP/ LCH	N.A.	PAP/ IT							
		F350202T	EE-350202	CE-350202				7. Alinación Empujador Cuchilla Perfil	0.25 mm Calibrador de linaas	N.A.	PAP/ LCH	N.A.	PAP/ IT							
		F350823T	EE-350823	CE-350823																
	F350818T	EE-350818	CE-350818																	
<p>NOTA: Cuando encuentre variación en los parámetros del proceso y/o características del producto, seguir PLAN DE REACCION</p> <p>ABREVIATURAS</p> <p>NA= NO APLICA PAP= PUESTA A PUNTO LCH= LISTA CHEQUEO INST= INSTRUCTIVO IT= INICIO DE TURNO HR=HOJA DE REGISTRO CB= CADA BACHE</p>																				
CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO																				
NUMERO DE PARTE	NIVEL DE INGENIERIA	FECHA	APLICACION	ESPECIFICACION INST. MEDICION	1. DIAMETRO EXTERNO SUPERIOR DEL CUERPO	2. DIAMETRO INTERNO SUPERIOR DEL CUERPO	3. DIAMETRO DE LOS TRAININGS	4. ESPESOR DEL CUERPO	5. ESPESOR DEL ESPEJO	6. CORRIMIENTO DE MATRIZ	7. PERFIL REBABA	8. DEFORMACIONES	9. Grietas pliegue/ poros	10. Rebabas	#	INST	METODO CONTROL	TAM. MUESTRA	FRECUENCIA INSPECCION	
F350918T	D	29/02/2008	GI-1700I		30.0 - 30.8	17.70 - 18.70	20.4 - 21.2	25.4 - 26.1	9.50 - 10.50	0.5 máx	0.5 máx	NO PERMITE	AUSENCIA	0.8 MAX	1	NA	PAP/LCHHR	1 PZA	PAP / ITC B	
F350202T	H	07/05/2008	GI-69		31.7 - 32.9	17.2 - 18.2	18.6 - 19.8	25.4 - 26.1	9.50 - 10.50	0.5 máx	0.5 máx	NO PERMITE	AUSENCIA	0.8 MAX	3	NA	PAP/LCHHR	1 PZA	PAP / ITC B	
	A				31.2 - 31.8	21.70 - 22.30	21.40 - 22.00	26.30 - 27.30	15.80 - 16.80	0.5 máx	0.5 máx	NO PERMITE	AUSENCIA	0.8 MAX	5	NA	PAP/LCH	1 PZA	PAPIT	
F350823T	A	02-29-2008	GI-2000I												6	NA	PAP/LCHHR	1 PZA	PAP / ITC B	
	C				34.5 MAX	21.7 - 22.3	23.3 - 24.1	28.4 - 29.1	16.80 REF	0.5 máx	0.5 máx	NO PERMITE	AUSENCIA	0.8 MAX	7	NA	PAP/LCHHR	1 PZA	PAP / ITC B	
F350818T	C	02-29-2008	GI-2600I												8	NA	PAP/LCH	100%	PAPIT	
																9	NA	PAP/LCH	1 PZA	PAPIT
																10	NA	PAP/LCHHR	1 PZA	PAP / ITC B

169

DIMENSION EN mm



ANEXO E

AMEF DE PROCESO

E.1 AMEF JUNTA FIJA

PROCESS FMEA											FMEA Number <u>RFM-003</u>							
											Page _____ of _____							
Item <u>FORJA JUNTA FIJA</u>			Process Responsibility <u>LUIS ALBERTO SANTOS</u>				Prepared By <u>JOHANA RUBIANO</u>											
Model Years(s)/Vehícle(s) <u>JUNTA FIJA VITARA N/P.: E3638003T</u>			Key Date <u>03/09/2005</u>		Orig. date <u>03/09/05</u>		Rev. date <u>02/07/08</u>											
Core Team <u>COORD. PROCESOS Y ASEG. DE CALIDAD / COORD. PRODUCCIÓN Y MAT / COORD. DE INGENIERIA</u>																		
Process Function Requirements	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	S e l e c t e d	C l a s s i f i c a t i o n	P o t e n t i a l C a u s e (s) /M e c h a n i s m (s) o f F a i l u r e	O c c u r r e n c e	C u r r e n t P r o c e s C o n t r o l s P r e v e n t i o n	C u r r e n t P r o c e s C o n t r o l s D e t e c t i o n	D e t e r m i n e d	R e c o m m e n d e d A c t i o n (s)	R e s p o n s i b i l i t y & T a r g e t C o m p l e t i o n D a t e	Action Results						
												Actions Taken	S e c u r e	O c c u r r e n c e	D e t e c t i o n	R e p a r t s		
INSPECCIÓN DE RECIBO	Color	* Palanquillas sin color de acero		8	* Error del proveedor al no marcar el material	2		* Procedimiento de identificación del material * Inspección de recibo de acuerdo al Plan de Control	5	80								
	Sección	* Sección menor	* Scrap por falta de llenado		7	* Error del proveedor al despachar el material	2		* Inspección de recibo de acuerdo al Plan de Control	5	70							
		* Sección mayor	* Retrabajo		4	* Error del proveedor al despachar el material	2		* Inspección de recibo de acuerdo al Plan de Control	7	56							
	Longitud	* Longitud mayores/menores	* Ninguna		1	* Palanquilla cortada para completar el peso a despachar	3		* Inspección de recibo de acuerdo al Plan de Control	7	21							
	Material	* Material diferente al especificado	* Scrap		8	* Error del proveedor al marcar el material	2		* Visual * Metalografía * Durómetro	5	80							
		* Composición química fuera de especificación	* Variación en procesos de tratamiento térmico		7	* Error en proceso de fabricación del acero por el proveedor	2		* Visual * Metalografía * Durómetro	5	70							
		* Falta de llenado por material oxidado	* Scrap		7	* Falta de desoxidación al fundir la colada	2		* Visual * Metalografía * Durómetro	5	70							
		* Poros	* Scrap * Disminución de las propiedades mecánicas		7		2		* Visual * Metalografía	5	70							
		* Grietas	* Scrap		8		2		* Visual * Metalografía	5	80							
		Golpes y/o Rayas	* Grietas	* Scrap		8		2		* Visual * Metalografía	5	80						

CORTE	Tipo de acero	* Material diferente al especificado	* Scrap	8	* Error del proveedor al marcar el material	2	* Visual * Metalografía * Durometro	5	80														
		* Mezcla de grado de acero * Mezcla de coladas	* Scrap	8	* Mala identificación del acero * Error del operario al transportar el material	2	* Carta puesta a punto * Color en cada palanquilla * Ayuda visual código de colores * Tarjeta de identificación de la colada	5	80														
Sección	Diámetro menor	* Diámetro menor	* Scrap por falta de llenado	8	* Mala medición del operario * Mala identificación	2	* Medición realizada en P. A.P.: 2 piezas * Lista de chequeo: 2 piezas cada I.T * Hoja de registro: 1 pieza cada 50 piezas * Calibrador	5	80														
		* Diámetro mayor	* Retrabajo	4	* Mala medición del operario * Mala identificación	2	* Medición realizada en P. A.P.: 2 piezas * Lista de chequeo: 2 piezas cada I.T * Hoja de registro: 1 pieza cada 50 piezas * Calibrador	5	40														
Longitud de corte	Longitud menor	* Longitud menor	* Scrap por falta de llenado	8	* Mala medición del operario	2	* Medición realizada en P. A.P.: 2 piezas * Lista de chequeo: 2 piezas cada I.T * Hoja de registro: 1 pieza cada 50 piezas * Galga go/no go	5	80														
		* Longitud mayor	* Retrabajo	4	* Mala medición del operario	2	* Medición realizada en P. A.P.: 2 piezas * Lista de chequeo: 2 piezas cada I.T * Hoja de registro: 1 pieza cada 50 piezas * Galga go/no go	5	40														
Peso de carga	Peso de carga menor	* Peso de carga menor	* Scrap por falta de llenado	8	* Mala identificación * Mala medición del operario * Equipo de medición descalibrado	2	* Medición realizada en P. A.P.: 2 piezas * Lista de chequeo: 2 piezas cada I.T * Hoja de registro: 1 pieza cada 50 piezas * Balanza	5	80														
		* Peso de carga mayor	* Retrabajo	4	* Mala identificación * Mala medición del operario * Equipo de medición descalibrado	2	* Medición realizada en P. A.P.: 2 piezas * Lista de chequeo: 2 piezas cada I.T * Hoja de registro: 1 pieza cada 50 piezas * Balanza	5	40														
Perpendicularidad de corte	* Fuera de especificación	* Scrap por pliegues * Scrap por falta de llenado	7	* Error en la P.A.P * Disco de sierra desajustado * Mesa no perpendicular a disco de corte * Desalineamiento de la pieza en la máquina	2	* Medición realizada en P. A.P.: 2 piezas * Lista de chequeo: 2 piezas cada I.T * Goniometro	5	70															
CALENTAMIENTO	Cascarilla	* Exceso de cascarilla	* Scrap por pieza quemada * Scrap por exceso de cascarilla	8	* Indicador de temperatura descalibrado * Descuido del operario al no monitorear * Mayor temperatura o tiempo de permanencia * Mezcla inadecuada de aire y gas * Piso del horno sucio	2	* Inspección Visual 100% * Display termocupla	5	80														
	Color de la pieza	* La pieza no se deja forjar	* Scrap	8	Pieza fría por: * Indicador de temperatura descalibrado, indica mayor Tº que la real * Descuido del operario * Menor temperatura o tiempo de permanencia * Válvulas tapadas	2	* Inspección Visual 100% * Termocupla con indicador digital de temperatura	5	80														

	° Altura mayor	° Scrap por manchas ° Disminuye las alturas 22 y 23	7	° Puesta a punto mal hecha por lo que el punzón entra demasiado	2	° Medición realizada en P. A.P: 1 pieza ° Lista de chequeo: 1 pieza cada I.T ° Hoja de registro: 1 pieza cada 50 piezas ° Calibrador	5	70										
Distancia hombro a fondo campana	° Altura mayor	° Retrabajo por exceso de material	4	° Puesta a punto mal hecha ° Desgaste de la matriz y del punzón	3	° Medición realizada en P. A.P: 1 pieza ° Lista de chequeo: 1 pieza cada I.T ° Hoja de registro: 1 pieza cada 50 piezas ° Calibrador	5	60										
Distancia extremo vastago a fondo campana	° Altura menor	° Scrap por manchas	7	° Puesta a punto mal hecha ° Falta de llenado	2	° Medición realizada en P. A.P: 1 pieza ° Lista de chequeo: 1 pieza cada I.T ° Hoja de registro: 1 pieza cada 50 piezas ° Calibrador	5	70										
	° Altura mayor	° Retrabajo por exceso de material	4	° Puesta a punto mal hecha ° Desgaste de la matriz y del punzón	3	° Medición realizada en P. A.P: 1 pieza ° Lista de chequeo: 1 pieza cada I.T ° Hoja de registro: 1 pieza cada 50 piezas ° Calibrador	5	60										
	° Altura menor	° Scrap por manchas	7	° Puesta a punto mal hecha ° Falta de llenado	3	° Medición realizada en P. A.P: 1 pieza ° Lista de chequeo: 1 pieza cada I.T ° Hoja de registro: 1 pieza cada 50 piezas ° Calibrador/ Gramil /	4	84										
Run-out diam. Exterior campana Vs. Eje central	° Run-out mayor	° Scrap por manchas	7	° Punzón corrido con respecto a la pieza ° Matriz mal posicionada	3	° Medición realizada en P. A.P: 1 pieza ° Lista de chequeo: 1 pieza cada I.T ° Hoja de registro: 1 pieza cada 50 piezas ° Sundstran	4	84										
Grieta/pliegue/poro	° Presencia de grietas, pliegues y/o poros	° Scrap	8	° Error en fabricación de matriz. ° Materia prima defectuosa ° Mal posicionamiento de la pieza en el grabado ° Falta de adiestramiento del operario	3	° Carta puesta a punto Magnaflux en operación posterior	3	72	Mes	Chacon	##							
Rebabas	° Extensión de rebabas fuera de especificaciones	° Retrabajo ° Desgaste o rotura de la herramienta de corte	4	° Desgaste en la cuchilla de corte ° Rotura en algun sección de la cuchilla de corte	4	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo	5	80										
INSPECCION POR MAGNATEST																		
Variación microestructural	° Presencia de variación	° Retrabajo	5	° Materia prima defectuosa ° Exceso de calentamiento ° Variaciones dimensionales significativas	2	° Inspección con partículas magnéticas ° Visual	3	30										
NORMALIZADO																		
Dureza	° Dureza mayor / menor	° Rotura de las herramientas de mecanizado ° Variación en tratamientos térmicos posteriores ° Retrabajo	5	° Temperatura, tiempo y enfriamiento fuera de especificaciones ° Materia prima defectuosa	3	° Medición realizada en P. A.P: 1 pieza ° Lista de chequeo: 1 pieza cada I.T ° Hoja de registro: 1 pieza cada 2 horas ° Durómetro Brinell / Microscopio	5	75										

LIMPIEZA										
Cascarilla	° Producto con cascarilla	° Retrabajo ° Mala apariencia ° Problemas en mecanizado	4	° Tiempos de ciclo corto ° Poca granalla	2	° Carta puesta a punto ° Inspección Visual	8	64		
Pecas	° Producto no conforme	° Retrabajo ° Mala apariencia	4	° Tiempos de ciclo corto ° Poca granalla	2	° Carta puesta a punto ° Inspección Visual	8	64		
INSPECCION POR MAGNAFLUX										
Grietas	° Presencia de grietas	° Scrap	8	° Error en fabricación de matriz. ° Materia prima defectuosa ° Mal posicionamiento de la pieza en el grabado ° Perpendicularidad de corte fuera de especificación ° Falta de adiestramiento del operario	2	° Inspección con partículas magnéticas ° Visual	5	80		
Plegue	° Presencia de grietas	° Scrap	8	° Error en fabricación de matriz. ° Materia prima defectuosa ° Mal posicionamiento de la pieza en el grabado ° Perpendicularidad de corte fuera de especificación ° Falta de adiestramiento del operario	2	° Inspección con partículas magnéticas ° Visual	2	32		



E.2 AMEF BOCÍN

PROCESS FMEA

FMEA Number CFM-001

Page of

Item CUBO RUEDA

Process Responsibility LUIS ALBERTO SANTOS

Prepared By JOHANA RUBIANO CORREA

Model Years(s)/Vehicle(s) CUBO RUEDA OPTRA N/P F22025T

Key Date 20/04/05

Orig. date 20/04/05 Rev. Date 25/07/2008

Core Team COORD. PROCESOS Y ASEG. DE CALIDAD / COORD. PRODUCCIÓN Y MAT / COORD. DE INGENIERIA

Process Function Requirements	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	S C I V E R S	P o t e n t i a l C a u s e (s) /M e c h a n i s m (s) o f F a i l u r e	O c c u r r e n c e	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	D e t e c t i o n	R e c o n d i c i o n	Recommended Action(s)	Responsibility & Target Completion Date	Action Results						
												Actions Taken	S e l e c t e d	D e f e r e n c e	R e p a r e d	P r e v e n t e d		
INSPECCIÓN DE RECIBO																		
Color	* Palanquillas sin color de acero	* Inventario erróneo * Confusión de material * Scrap	8	* Error del proveedor al no marcar el material	2		* Procedimiento de identificación del material * Inspección de recibo de acuerdo al Plan de Control	2	32									
Sección	* Sección menor	* Scrap por falta de llenado	8	* Error del proveedor al despachar el material	2		* Inspección de recibo de acuerdo al Plan de Control	2	32									
	* Sección mayor	* Retrabajo	4	* Error del proveedor al despachar el material	2		* Inspección de recibo de acuerdo al Plan de Control	2	16									
Longitud	* Longitud mayores/menores	* Ninguna	1	* Palanquilla cortada para completar el peso a despachar	3		* Inspección de recibo de acuerdo al Plan de Control	2	6									
Material	* Material diferente al especificado	* Scrap	8	* Error del proveedor al marcar el material	2		* Visual * Metalografía * Dúrometro	2	32									
	* Composición química fuera de especificación	* Variación en el proceso de tratamiento térmico	7	* Error en proceso de fabricación del acero por el proveedor	3		* Visual * Metalografía * Dúrometro	2	42									
	* Problemas de llenado por material oxidado	* Scrap	7	* Falta de desoxidación al fundir la colada	2		* Visual * Metalografía * Dúrometro	2	28									
	* Poros	* Scrap * Disminución de las propiedades mecánicas	7	* Error en proceso de fabricación del acero por el proveedor	2		* Visual * Metalografía	3	42									
	* Grietas	* Scrap	8	* Error en proceso de fabricación del acero por el proveedor	2		* Visual * Metalografía	3	48									

10. CORTE												
Longitud de corte	° Longitud menor	° Scrap por falta de llenado	8	° Mala medición del operario	2	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo ° Calibrador	5	80	° Diseñar gage de herradura para controlar longitud	° Jesús Chacón mar-07		
	° Longitud mayor	° Retrabajo	4	° Mala medición del operario	2	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo ° Calibrador	5	40	° Diseñar gage de herradura para controlar longitud	° Jesús Chacón mar-07		
Diámetro de la varilla	° Diámetro menor	° Scrap por falta de llenado ° Formación de pliegues	8	° Mala medición del operario ° Mala identificación	2	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo ° Tarjeta de identificación ° Calibrador	4	64				
	° Diámetro mayor	° Flujo de material distorsionad ° Formación de pliegues	8	° Mala medición del operario ° Mala identificación	2	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo ° Tarjeta de identificación ° Flexómetro	4	64				
Peso de carga	° Peso de carga menor	° Scrap por falta de llenado	8	° Mala identificación ° Mala medición del operario ° Equipo de medición descalibrado	2	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo ° Balanza	5	80				
	° Peso de carga mayor	° Retrabajo	4	° Mala identificación ° Mala medición del operario ° Equipo de medición descalibrado	2	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo ° Balanza	5	40				
Perpendicularidad de corte	° Fuera de especificación	° Scrap por pliegues ° Scrap por falta de llenado	8	° Mala puesta a punto ° Disco de sierra desajustado ° Mesa no perpendicular a disco de corte	3	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo ° Goniómetro	4	96				
Materia prima	° Mezcla de grado de acero ° Mezcla de coladas	° Scrap	8	° Mala identificación del acero ° Error del operario al transportar el material	1	° Carta puesta a punto ° Color en cada palanquilla ° Ayuda visual código de colores ° Tarjeta de identificación de la colada	4	32				
20. CALENTAMIENTO												
Pieza libre de cascarilla	° Exceso de cascarilla	° Scrap por pieza quemada ° Scrap por exceso de cascarilla	8	° Indicador de temperatura descalibrado ° Descuido del operario al no monitorear ° Mayor temperatura o tiempo de permanencia ° Mezcla inadecuada de aire y gas ° Piso del horno sucio	1	° Visual ° Display termocupla	6	48				

Color de la pieza	° Mas oscuro, la pieza no se deja forjar	° Retrabajo	5	Pieza fría por: ° Indicador de temperatura descalibrado, indica mayor T° que la real ° Descuido del operario ° Menor temperatura o tiempo de permanencia ° Válvulas tapadas	2	° Visual ° Termocupla con indicador digital de temperatura	6	60											
30. FORJADO																			
Cascarilla	° Presencia de cascarilla	° Scrap por presencia de cascarilla	7	° Indicador de temperatura descalibrado, indica menor T° que la real ° Error del operario al no monitorear ° Falta de limpieza de la pieza	1	° Carta puesta a punto ° Control visual	6	42											
Grieta/pliegue/poros	° Presencia de grietas o pliegues o poros	° Scrap	8	° Error en fabricación de matriz. ° Materia prima defectuosa ° Mal posicionamiento de la pieza en el grabado ° Perpendicularidad de corte fuera de especificación ° Falta de adiestramiento del operario	2	° Carta puesta a punto ° Magnaflux ° Ayuda visual	3	48											
Rebaba	° Presencia de rechupes	° Scrap	6	° Mal posicionamiento de la pieza	2	° Carta puesta a punto ° Control visual	4	48											
Forja incompleta	° Falta de llenado	° Scrap	8	° Características de corte fuera de especificación. ° Mal posicionamiento de la pieza en el grabado ° Falta de adiestramiento del operario	7	° Carta puesta a punto ° Control visual	4	224											
40. DESBARBADO																			
Salientes de rebaba	° Extensión de rebabas mayor	° Retrabajo, esmerilado	3	° Desgaste en la cuchilla de corte ° Mala puesta a punto ° Rotura en alguna sección de la cuchilla de corte	3	° Carta puesta a punto ° Visual	4	36											
Perfil rebaba	° Contorno de pieza dañado	° Scrap	7	° Desgaste en la cuchilla de corte ° Rotura en alguna sección de la cuchilla de corte ° Corrimiento de la matriz	2	° Carta puesta a punto ° Visual	4	56											
Deformación	° Producto no conforme	° Scrap	8	° Deformación en el grabado de la matriz ° Mal posicionamiento por error del operario ° Corrimiento de la matriz	2	° Carta puesta a punto ° Visual	4	64											
Diámetro menor cubo	° Diámetro menor	° Scrap por falta de material	7	° Baja temperatura de la pieza ° Deformación en el grabado de la matriz ° Mal posicionamiento por error del operario	2	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo ° Hoja de Rejistro	1	14											
	° Diámetro mayor	° Retrabajo	7	° Baja temperatura de la pieza ° Deformación en el grabado de la matriz ° Mal posicionamiento por error del operario	2	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo ° Hoja de Rejistro	1	14											
Diámetro intermedio cubo	° Diámetro menor	° Scrap por falta de material	7	° Baja temperatura de la pieza ° Deformación en el grabado de la matriz ° Mal posicionamiento por error del operario	2	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo ° Hoja de Rejistro	1	14											
	° Diámetro mayor	° Retrabajo	7	° Baja temperatura de la pieza ° Deformación en el grabado de la matriz ° Mal posicionamiento por error del operario	2	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo ° Hoja de Rejistro	1	14											

Diámetro Brida	° Diámetro mayor	° Retrabajo	7	* Baja temperatura de la pieza * Deformación en el grabado de la matriz * Mal posicionamiento por error del operario	2	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo ° Hoja de Rejistro	1	14											
	° Diámetro menor	° Scrap por falta de material	7	* Baja temperatura de la pieza * Deformación en el grabado de la matriz * Mal posicionamiento por error del operario	2	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo	1	14											
	° Diámetro mayor	° Retrabajo	7	* Baja temperatura de la pieza * Deformación en el grabado de la matriz * Mal posicionamiento por error del operario	2	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo	1	14											
Diámetro exterior mayor lado rueda	° Diámetro menor	° Scrap por falta de material	7	* Baja temperatura de la pieza * Deformación en el grabado de la matriz * Mal posicionamiento por error del operario	2	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo ° Hoja de Rejistro	1	14											
	° Diámetro mayor	° Retrabajo	7	* Baja temperatura de la pieza * Deformación en el grabado de la matriz * Mal posicionamiento por error del operario	2	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo ° Hoja de Rejistro	1	14											
Diámetro exterior menor lado rueda	° Diámetro menor	° Scrap por falta de material	7	* Baja temperatura de la pieza * Deformación en el grabado de la matriz * Mal posicionamiento por error del operario	2	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo ° Hoja de Rejistro	1	14											
	° Diámetro mayor	° Retrabajo	7	* Baja temperatura de la pieza * Deformación en el grabado de la matriz * Mal posicionamiento por error del operario	2	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo ° Hoja de Rejistro	1	14											
Diámetro interior lado rueda	° Diámetro menor	° Scrap por falta de material	7	* Baja temperatura de la pieza * Deformación en el grabado de la matriz * Mal posicionamiento por error del operario	2	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo	1	14											
	° Diámetro mayor	° Retrabajo	7	* Baja temperatura de la pieza * Deformación en el grabado de la matriz * Mal posicionamiento por error del operario	2	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo	1	14											
Espesor muñones lado rueda	° Espesor mayor	° Retrabajo	7	* Temperatura de la pieza baja * Deformación en la matriz	3	° Carta puesta a punto ° Snap gage	2	42											
	° Espesor menor	° Scrap	7	* Matriz fuera de especificación	3	° Carta puesta a punto ° Snap gage	2	42											
26. Distancia base brida a extremo Ø intermedio cubo	° Distancia menor	° Scrap por falta de material	8	* Baja temperatura de la pieza * Deformación en el grabado de la matriz * Mal posicionamiento por error del operario	2	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo	1	16											
	° Distancia mayor	° Retrabajo	7	* Deformación en el grabado de la matriz	3	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo	1	21											
Distancia base brida a extremo Ø menor cubo	° Distancia menor	° Scrap por falta de material	8	* Baja temperatura de la pieza * Deformación en el grabado de la matriz * Mal posicionamiento por error del operario	2	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo ° Hoja de Rejistro	1	16											
	° Distancia mayor	° Retrabajo	7	* Deformación en el grabado de la matriz	3	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo ° Hoja de Rejistro	1	21											
Espesor de la brida	° Espesor mayor	° Retrabajo	7	* Temperatura de la pieza baja * Deformación en la matriz	3	° Carta puesta a punto ° Snap gage	2	42											
	° Espesor menor	° Scrap	7	* Matriz fuera de especificación	3	° Carta puesta a punto ° Snap gage	2	42											

Distancia base brida a extremo lado rueda	° Distancia menor	° Scrap por falta de material	8	° Baja temperatura de la pieza ° Deformación en el grabado de la matriz ° Mal posicionamiento por error del operario	2	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo ° Hoja de Registro	1	16											
	° Distancia mayor	° Retrabajo	7	° Deformación en el grabado de la matriz	3	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo ° Hoja de Registro	1	21											
Distancia extremo a fondo lado rueda	° Distancia menor	° Scrap por falta de material	8	° Baja temperatura de la pieza ° Deformación en el grabado de la matriz ° Mal posicionamiento por error del operario	2	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo	1	16											
	° Distancia mayor	° Retrabajo	7	° Deformación en el grabado de la matriz	3	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo	1	21											
Run-out entre A y B	° Run-out mayor	° Scrap ° Manchas en el mecanizado de la pieza	8	° Matriz superior corrida con respecto a la matriz inferior ° Pieza mal posicionada	2	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo	3	48											
55. TEMPLE Y REVENIDO																			
Dureza superficial	° Dureza mayor	° Scrap por grietas ° Rotura de las herramientas de mecanizado ° Retrabajo	7	° Temperatura, tiempo y enfriamiento fuera de especificaciones	4	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo ° Hoja de Registro	3	84											
	° Dureza menor	° Retrabajo ° Disminución de vida útil	5	° Temperatura, tiempo y enfriamiento fuera de especificaciones	4	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo ° Hoja de Registro	3	60											
60. LIMPIEZA																			
Cascarilla	° Producto con cascarilla	° Retrabajo	5	° Tiempos de ciclo corto ° Elementos de limpiado no adecuados (granalla)	1	° Carta puesta a punto ° Visual	2	10											
Pecas	° Producto no conforme	° Retrabajo	5	° Tiempos de ciclo corto	3	° Carta puesta a punto ° Visual	2	30											
70. INSPECCION POR MAGNAFLUX																			
Grietas	° Libre de grietas	° Scrap	5	° Mala Inspección	4	° Magnaflux	2	40											
Plegues	° Libre de plegues	° Scrap	5	° Mala Inspección	2	° Magnaflux	2	20											



E.3 AMEF ESPIGA

PROCESS FMEA

FMEA Number EFM-004

Page of

Item ESPIGA

Process Responsibility LUIS ALBERTO SANTOS

Prepared By JOHANA RUBIANO

Model Year(s)/Vehícle(s) Espiga Cardanica LUV / 89 N/P F2-54-0001T

Key Date 25/11/2005

Orig. date 25/05/2004 Rev. date 21-07-2008

Core Team COORD. PROCESOS Y ASEG. DE CALIDAD / COORD. PRODUCCIÓN Y MAT / COORD. DE INGENIERIA

Process Function Requirements	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	S C e l e v e r s	P o t e n t i a l C a u s e (s)/ M e c h a n i s m (s) o f F a i l u r e	O c c u r r e n c e	C u r r e n t P r o c e s C o n t r o l P r e v e n t i o n	C u r r e n t P r o c e s C o n t r o l D e t e c t i o n	D e t e c t i o n R a t e P P N	R e c o m m e n d e d A c t i o n (s)	R e s p o n s i b i l i t y & T a r g e t C o m p l e t i o n D a t e	Action Results								
											A c t i o n s T a k e n	S e v e r i t y	O c c u r r e n c e	D e t e c t i o n	R P N				
INSPECCION DE RECIBO																			
Color	* Palanquillas sin color de acero	* Inventario erroneo * Confusión de material * Scrap	8	* Error del proveedor al no marcar el material	2		* Procedimiento de identificación del material * Inspección de recibo de acuerdo al Plan de Control	5 80											
Sección	* Sección menor	* Scrap por falta de llenado	7	* Error del proveedor al despachar el material	2		* Inspección de recibo de acuerdo al Plan de Control	5 70											
	* Sección mayor	* Retrabajo	4	* Error del proveedor al despachar el material	2		* Inspección de recibo de acuerdo al Plan de Control	7 56											
Longitud	* Longitud mayores/menores	* Ninguna	1	* Palanquilla cortada para completar el peso a despachar	3		* Inspección de recibo de acuerdo al Plan de Control	7 21											
Material	* Material diferente al especificado	* Scrap	8	* Error del proveedor al marcar el material	2		* Visual * Metalografía * Durómetro	5 80											
	* Composición química fuera de especificación	* Variación en procesos de tratamiento térmico	7	* Error en proceso de fabricación del acero por el proveedor	2		* Visual * Metalografía * Durómetro	5 70											
	* Falta de llenado por material oxidado	* Scrap	7	* Falta de desoxidación al fundir la colada	2		* Visual * Metalografía * Durómetro	5 70											
	* Poros	* Scrap * Disminución de las propiedades mecánicas	7		2		* Visual * Metalografía	5 70											
	* Grietas	* Scrap	8		2		* Visual * Metalografía	5 80											

CORTE	Tipo de acero	° Material diferente al especificado	° Scrap	8	° Error del proveedor al marcar el material	2	° Visual ° Metalografía ° Durómetro	5	80											
		° Mezcla de grado de acero ° Mezcla de coladas	° Scrap	8	° Mala identificación del acero ° Error del operario al transportar el material	2	° Carta puesta a punto ° Color en cada palanquilla ° Ayuda visual código de colores ° Tarjeta de identificación de la colada	5	80											
Sección	Diámetro menor	° Scrap por falta de llenado	8	° Mala medición del operario ° Mala identificación	2	° Medición realizada en P. A.P: 2 piezas ° Lista de chequeo: 2 piezas cada I.T ° Hoja de registro: 1 pieza cada 50 piezas ° Calibrador	5	80												
		° Retrabajo	4	° Mala medición del operario ° Mala identificación	2	° Medición realizada en P. A.P: 2 piezas ° Lista de chequeo: 2 piezas cada I.T ° Hoja de registro: 1 pieza cada 50 piezas ° Calibrador	5	40												
Longitud de corte	Longitud menor	° Scrap por falta de llenado	8	° Mala medición del operario	2	° Medición realizada en P. A.P: 2 piezas ° Lista de chequeo: 2 piezas cada I.T ° Hoja de registro: 1 pieza cada 50 piezas ° Galga qo/no qo	5	80												
		° Retrabajo	4	° Mala medición del operario	2	° Medición realizada en P. A.P: 2 piezas ° Lista de chequeo: 2 piezas cada I.T ° Hoja de registro: 1 pieza cada 50 piezas ° Galga qo/no qo	5	40												
Peso de carga	Peso de carga menor	° Scrap por falta de llenado	8	° Mala identificación ° Mala medición del operario ° Equipo de medición descalibrado	2	° Medición realizada en P. A.P: 2 piezas ° Lista de chequeo: 2 piezas cada I.T ° Hoja de registro: 1 pieza cada 50 piezas ° Balanza	5	80												
		° Retrabajo	4	° Mala identificación ° Mala medición del operario ° Equipo de medición descalibrado	2	° Medición realizada en P. A.P: 2 piezas ° Lista de chequeo: 2 piezas cada I.T ° Hoja de registro: 1 pieza cada 50 piezas ° Balanza	5	40												
Perpendicularidad de corte	Fuera de especificación	° Scrap por pliegues ° Scrap por falta de llenado	7	° Error en la P.A.P ° Disco de sierra desajustado ° Mesa no perpendicular a disco de corte ° Desalineamiento de la pieza en la máquina	2	° Medición realizada en P. A.P: 2 piezas ° Lista de chequeo: 2 piezas cada I.T ° Goniómetro	5	70												
		° Exceso de cascarilla	° Scrap por pieza quemada ° Scrap por exceso de cascarilla	8	° Indicador de temperatura descalibrado ° Descuido del operario al no monitorear ° Mayor temperatura o tiempo de permanencia ° Mezcla inadecuada de aire y gas ° Piso del horno sucio	2	° Inspección Visual 100% ° Display termocupla	5	80											
CALENTAMIENTO	Cascarilla	° Exceso de cascarilla	° Scrap por pieza quemada ° Scrap por exceso de cascarilla	8	° Indicador de temperatura descalibrado ° Descuido del operario al no monitorear ° Mayor temperatura o tiempo de permanencia ° Mezcla inadecuada de aire y gas ° Piso del horno sucio	2	° Inspección Visual 100% ° Display termocupla	5	80											
	Color de la pieza	° La pieza no se deja forjar	° Scrap	8	Pieza fría por: ° Indicador de temperatura descalibrado, indica mayor T° que la real ° Descuido del operario ° Menor temperatura o tiempo de permanencia ° Válvulas tapadas	2	° Inspección Visual 100% ° Termocupla con indicador digital de temperatura	5	80											

RECALCADO										
Cascarilla	* Presencia de cascarilla	* Scrap por presencia de cascarilla	7	* Indicador de temperatura descalibrado, indica menor T° que la real * Error del operario al no monitorear * Falta de limpieza de la pieza	2	* Inspección visual 100%	5	70		
Grieta/pliegue/poro	* Presencia de grietas, pliegues y/o poros	* Scrap	8	* Error en fabricación de matriz. * Materia prima defectuosa * Mal posicionamiento de la pieza en el grabado * Perpendicularidad de corte fuera de especificación * Falta de adiestramiento del operario	3	* Carta puesta a punto * Magnaflux en operación posterior	3	72		
Rebabas	* Extensión de rebabas fuera de especificaciones	* Retrabajo * Desgaste o rotura de la herramienta de corte	4	* Desgaste en la cuchilla de corte * Rotura en alguna sección de la cuchilla de corte	4	* Carta puesta a punto * Lista de chequeo * Inspección visual 100%	5	80		
Forja incompleta	* Falta de llenado	* Scrap	8	* Características de corte fuera de especificación. * Mal posicionamiento de la pieza en el grabado * Falta de adiestramiento del operario	3	* Carta puesta a punto * Control visual * Inspección visual 100%	5	120		
DESBARBAR										
Salientes de rebaba	* Extensión de rebabas mayor	* Retrabajo, esmerilado	4	* Desgaste en la cuchilla de corte * Mala puesta a punto * Rotura en alguna sección de la cuchilla de corte	4	* Carta puesta a punto * Lista de chequeo * Inspección visual 100%	5	80		
Perfil de rebaba	* Contorno de pieza dañado	* Scrap	7	* Desgaste en la cuchilla de corte * Rotura en alguna sección de la cuchilla de corte * Corrimiento de la matriz	2	* Carta puesta a punto * Lista de chequeo * Inspección visual 100%	5	70		
Deformación	* Producto no conforme	* Scrap	8	* Deformación en el grabado de la matriz * Mal posicionamiento por error del operario * Corrimiento de la matriz	3	* Carta puesta a punto * Dispositivo para controlar run-out * Inspección visual 100%	3	72		
Diámetro de ensamble tubo	* Diámetro mayor	* Retrabajo por exceso de material	5	* Matriz fuera de especificaciones o desgastada * Cierre inadecuado de la matriz	3	* Medición realizada en P. A.P: 1 pieza * Lista de chequeo: 1 pieza cada I.T * Hoja de registro: 1 pieza cada 80 piezas * Calibrador	5	75		
	* Diámetro menor	* Scrap por manchas	8	* Matriz fuera de especificaciones * Cierre inadecuado de la matriz	2	* Medición realizada en P. A.P: 1 pieza * Lista de chequeo: 1 pieza cada I.T * Hoja de registro: 1 pieza cada 80 piezas * Calibrador	5	80		
Diámetro deflector	* Diámetro mayor	* Retrabajo por exceso de material	4	* Desgaste del punzón * Puesta a punto mal hecha	3	* Medición realizada en P. A.P: 1 pieza * Lista de chequeo: 1 pieza cada I.T * Hoja de registro: 1 pieza cada 80 piezas * Calibrador	5	60		
	* Diámetro menor	* Scrap por manchas	8	* Punzón fuera de especificación * Recalque del pounzón por material frío	2	* Medición realizada en P. A.P: 1 pieza * Lista de chequeo: 1 pieza cada I.T * Hoja de registro: 1 pieza cada 80 piezas * Calibrador	5	80		
Diámetro vastago	* Diámetro mayor	* Retrabajo por exceso de material	4	* Matriz fuera de especificaciones o desgastada * Cierre inadecuado de la matriz	3	* Carta puesta a punto * Lista de chequeo * Hoja de registro	5	60		

Diámetro interior espiga	° Diámetro menor	° Scrap por manchas	7	° Matriz fuera de especificaciones ° Cierre inadecuado de la matriz	2	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo ° Hoja de registro	5	70										
	° Diámetro menor	° Retrabajo por exceso de material	5	° Matriz fuera de especificaciones o desgastada ° Cierre inadecuado de la matriz	3	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo ° Hoja de registro	5	75										
	° Diámetro mayor	° Scrap por manchas	7	° Matriz fuera de especificaciones ° Cierre inadecuado de la matriz	2	° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo ° Hoja de registro	5	70										
Altura total	° Altura mayor	° Retrabajo por exceso de material	4	° Puesta a punto mal hecha ° Desgaste de la matriz y del punzón	3	° Medición realizada en P. A.P.: 1 pieza ° Lista de chequeo: 1 pieza cada I.T ° Hoja de registro: 1 pieza cada 80 piezas ° Calibrador	5	60										
	° Altura menor	° Scrap por manchas	7	° Puesta a punto mal hecha ° Falta de llenado	2	° Medición realizada en P. A.P.: 1 pieza ° Lista de chequeo: 1 pieza cada I.T ° Hoja de registro: 1 pieza cada 80 piezas ° Calibrador	5	70										
Distancia base a asto vastago	° Distancia mayor	° Retrabajo por exceso de material	4	° Puesta a punto mal hecha ° Desgaste de la matriz y del punzón	3	° Medición realizada en P. A.P.: 1 pieza ° Lista de chequeo: 1 pieza cada I.T ° Hoja de registro: 1 pieza cada 50 piezas ° Calibrador	5	60										
	° Distancia menor	° Scrap por manchas	7	° Puesta a punto mal hecha ° Falta de llenado	2	° Medición realizada en P. A.P.: 1 pieza ° Lista de chequeo: 1 pieza cada I.T ° Hoja de registro: 1 pieza cada 50 piezas ° Calibrador	5	70										
Distancia extremo vastago a fondo campana	° Altura mayor	° Retrabajo por exceso de material	4	° Puesta a punto mal hecha ° Desgaste de la matriz y del punzón	3	° Medición realizada en P. A.P.: 1 pieza ° Lista de chequeo: 1 pieza cada I.T ° Hoja de registro: 1 pieza cada 50 piezas ° Calibrador	5	60										
Run-out diam. Interno Vs. Diam. Exterior	° Altura menor	° Scrap por manchas	7	° Puesta a punto mal hecha ° Falta de llenado	3	° Medición realizada en P. A.P.: 1 pieza ° Lista de chequeo: 1 pieza cada I.T ° Hoja de registro: 1 pieza cada 50 piezas ° Calibrador/ Gramil /	4	84										
	° Run-out mayor	° Scrap por manchas	7	° Punzón corrido con respecto a la pieza ° Matriz mal posicionada	3	° Medición realizada en P. A.P.: 1 pieza ° Lista de chequeo: 1 pieza cada I.T ° Hoja de registro: 1 pieza cada 50 piezas ° Sundstran	4	84										
INSPECCION POR MAGNATEST																		
Variación microestructural	° Presencia de variación	° Retrabajo	5	° Materia prima defectuosa ° Exceso de calentamiento ° Variaciones dimensionales significativas	2	° Inspección con partículas magnéticas ° Visual	3	30										

NORMALIZADO	Dureza	° Dureza mayor / menor	° Rotura de las herramientas de mecanizado ° Variación en tratamientos térmicos posteriores ° Retrabajo	5	° Temperatura, tiempo y enfriamiento fuera de especificaciones ° Materia prima defectuosa	3	° Medición realizada en P. A.P.: 1 pieza ° Lista de chequeo: 1 pieza cada I.T ° Hoja de registro: 1 pieza cada 2 horas ° Durómetro Brinell / Microscopio	5	75									
	Tamaño de grano	° Fuera de especificaciones	° Disminución propiedades mecánicas ° Problemas en tratamientos térmicos posteriores ° Retrabajos	5	° Temperatura, tiempo y enfriamiento fuera de especificaciones ° Materia prima defectuosa	2	° Medición realizada en P. A.P.: 1 pieza ° Lista de chequeo: 1 pieza cada I.T ° Microscopio	5	50									
LIMPIEZA	Cascarilla	° Producto con cascarilla	° Retrabajo ° Mala apariencia ° Problemas en mecanizado	4	° Tiempos de ciclo corto ° Poca granalla	2	° Carta puesta a punto ° Inspección Visual	8	64									
	Pecas	° Producto no conforme	° Retrabajo ° Mala apariencia	4	° Tiempos de ciclo corto ° Poca granalla	2	° Carta puesta a punto ° Inspección Visual	8	64									
INSPECCION POR MAGNAFLUX	Grietas	° Presencia de grietas	° Scrap	8	° Error en fabricación de matriz. ° Materia prima defectuosa ° Mal posicionamiento de la pieza en el grabado ° Perpendicularidad de corte fuera de especificación ° Falta de adiestramiento del operario	2	° Inspección con partículas magnéticas ° Visual	5	80									
	Pliegue	° Presencia de grietas	° Scrap	8	° Error en fabricación de matriz. ° Materia prima defectuosa ° Mal posicionamiento de la pieza en el grabado ° Perpendicularidad de corte fuera de especificación ° Falta de adiestramiento del operario	2	° Inspección con partículas magnéticas ° Visual	2	32									



E.4 AMEF TRICETA

PROCESS FMEA

FMEA Number DFM-005

Page of

Item FORJA TRIPODE GI-1700i EN PRENSA

Process Responsibility LUIS ALBERTO SANTOS

Prepared By JOHANA RUBIANO

Model Years(s)/Vehicle(s) ND N/P.: F350918T

Key Date 18/01/2008

Orig. date 15/01/08 Rev. date 07/02/08

Core Team COORD. PROCESOS Y ASEG. DE CALIDAD / COORD. PRODUCCIÓN Y MAT / COORD. DE INGENIERIA

Process Function Requirements	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	S e l e c t e d	C l a s s i f i c a t i o n	P o t e n t i a l C a u s e (s) /M e c h a n i s m (s) o f F a i l u r e	O c c u r r e n c e	C u r r e n t P r o c e s C o n t r o l s P r e v e n t i o n	C u r r e n t P r o c e s C o n t r o l s D e t e c t i o n	D e t e c t e d	R P N	Recommended Action(s)	Responsibility & Target Completion Date	Action Results						
													Actions Taken	S e l e c t e d	O c c u r r e n c e	D e t e c t e d	R P N		
INSPECCIÓN DE RECIBO																			
1. Color	* Palanquillas sin color de acero	* Inventario erroneo * Confusión de material * Scrap	8		* Error del proveedor al no marcar el material	2		* Procedimiento de identificación del material * Inspección de recibo de acuerdo al Plan de Control	2	32									
2. Sección	* Sección menor	* Scrap por falta de llenado	8		* Error del proveedor al despachar el material	2		* Inspección de recibo de acuerdo al Plan de Control	2	32									
	* Sección mayor	* Retrabajo	4		* Error del proveedor al despachar el material	2		* Inspección de recibo de acuerdo al Plan de Control	2	16									
3. Longitud	* Longitud mayores/menores	* Ninguna	1		* Palanquilla cortada para completar el peso a despachar	3		* Inspección de recibo de acuerdo al Plan de Control	2	6									
4. Material	* Material diferente al especificado	* Scrap	8		* Error del proveedor al marcar el material	2		* Visual * Metalografía * Durometro	2	32									
	* Composición química fuera de especificación	* Variación en el proceso de tratamiento térmico	7		* Error en proceso de fabricación del acero por el proveedor	3		* Visual * Metalografía * Durometro	2	42									
	* Problemas de llenado por material oxidado	* Scrap	7		* Falta de desoxidación al fundir la colada	2		* Visual * Metalografía * Durometro	2	28									
	* Poros	* Scrap * Disminución de las propiedades mecanicas	7		* Error en proceso de fabricación del acero por el proveedor	2		* Visual * Metalografía	3	42									
	* Grietas	* Scrap	8		* Error en proceso de fabricación del acero por el proveedor	2		* Visual * Metalografía	3	48									

10. CORTE	5. Longitud de corte	* Longitud menor	* Scrap por falta de llenado	8	* Mala medición del operario	2	* Carta puesta a punto * Lista de chequeo * Flexómetro	4	64	* Dubiano par ##									
		* Longitud mayor	* Retrabajo	4	* Mala medición del operario	2	* Carta puesta a punto * Lista de chequeo * Flexómetro	4	32	* Dubiano par ##									
	6. Diámetro de la varilla	* Diámetro menor	* Scrap por falta de llenado	8	* Mala medición del operario * Mala identificación	2	* Carta puesta a punto * Lista de chequeo * Tarjeta de identificación * Flexómetro	5	80										
		* Diámetro mayor	* Retrabajo	4	* Mala medición del operario * Mala identificación	2	* Carta puesta a punto * Lista de chequeo * Tarjeta de identificación * Flexómetro	5	40										
	7. Peso de carga	* Peso de carga menor	* Scrap por falta de llenado	8	* Mala identificación * Mala medición del operario * Equipo de medición descalibrado	2	* Carta puesta a punto * Lista de chequeo * Balanza	5	80										
		* Peso de carga mayor	* Retrabajo	4	* Mala identificación * Mala medición del operario * Equipo de medición descalibrado	2	* Carta puesta a punto * Lista de chequeo * Balanza	5	40										
	8. Perpendicularidad de corte	* Fuera de especificación	* Scrap por pliegues * Scrap por falta de llenado	7	* Mala puesta a punto * Disco de sierra desajustado * Mesa no perpendicular a disco de corte	3	* Carta puesta a punto * Lista de chequeo * Goniómetro	4	84										
	9. Materia prima	* Mezcla de grado de acero * Mezcla de coladas	* Scrap	8	* Mala identificación del acero * Error del operario al transportar el material	1	* Carta puesta a punto * Color en cada palanquilla * Ayuda visual código de colores * Tarjeta de identificación de la colada	4	32										
	20. CALENTAMIENTO	10. Pieza libre de cascarilla	* Exceso de cascarilla	* Scrap por pieza quemada * Scrap por exceso de cascarilla	8	* Indicador de temperatura descalibrado * Descuido del operario al no monitorear * Mayor temperatura o tiempo de permanencia * Mezcla inadecuada de aire y gas * Piso del horno sucio	2	* Visual * Display termocupla	6	96									
			* La pieza no se deja forjar	* Retrabajo	5	Pieza fría por: * Indicador de temperatura descalibrado, indica mayor T° que la real * Descuido del operario * Menor temperatura o tiempo de permanencia * Válvulas tapadas	2	* Visual * Termocupla con indicador digital de temperatura	6	60									
30. FORJA	12. Cascarilla	* Presencia de cascarilla	* Scrap por presencia de cascarilla	7	* Indicador de temperatura descalibrado, indica menor T° que la real * Error del operario al no monitorear * Falta de limpieza de la pieza	2	* Carta puesta a punto * Control visual	6	84										
		13. Grieta o pliegue	* Presencia de grietas o pliegues	* Scrap	8	* Error en fabricación de la matriz. * Materia prima defectuosa * Mal posicionamiento de la pieza en el grabado * Perpendicularidad de corte fuera de especificación * Falta de adiestramiento del operario	4	* Carta puesta a punto * Magnaflux * Ayuda visual	3	96									
	14. Rebabas		* Extensión de rebabas fuera de especificaciones	* Retrabajo * Desgaste o rotura de la herramienta de corte	3	* Desgaste en la cuchilla de corte * Rotura en alguna sección de la cuchilla de corte	3	* Carta puesta a punto * Lista de chequeo * Visual	4	36									

15. Forja incompleta	* Falta de llenado	* Scrap	8	* Características de corte fuera de especificación. * Mal posicionamiento de la pieza en el grabado * Falta de adiestramiento del operario	2		* Carta puesta a punto * Control visual	4	64											
DESBARBADO? 16. Salientes de rebaba	* Extensión de rebabas mayor	* Retrabajo, esmerilado	3	* Desgaste en la cuchilla de corte * Mala puesta a punto * Rotura en alguna sección de la cuchilla de corte	3		* Carta puesta a punto * Lista de chequeo * Calibrador * Visual	4	36											
17. Contorno pieza	* Contorno de pieza dañado	* Scrap	7	* Desgaste en la cuchilla de corte * Rotura en alguna sección de la cuchilla de corte * Corrimiento de la matriz	2		* Carta puesta a punto * Lista de chequeo * Visual	4	56											
18. Deformación	* Producto no conforme	* Scrap	8	* Deformación en el grabado de la matriz * Mal posicionamiento por error del operario * Corrimiento de la matriz	2		* Carta puesta a punto * Calibrador * Visual	4	64											
19. Diámetro externo superior del cuerpo	* Diámetro mayor	* Retrabajo por exceso de material	2	* Matriz fuera de especificaciones o desgastada	6		* Carta puesta a punto * Lista de chequeo * Hoja de registro * Galga Go-NoGo	4	48											
	* Diámetro menor	* Scrap por manchas	8	* Matriz fuera de especificaciones	2		* Carta puesta a punto * Lista de chequeo * Hoja de registro * Galga Go-NoGo	4	64											
20. Diámetro interno superior del cuerpo	* Diámetro mayor	* Scrap por manchas	7	* Matriz fuera de especificaciones	2		* Carta puesta a punto * Lista de chequeo * Calibrador	4	56											
	* Diámetro menor	* Retrabajo por exceso de material	2	* Matriz fuera de especificaciones	2		* Carta puesta a punto * Lista de chequeo * Calibrador	4	16											
21. Diámetro de los trunnions	* Diámetro mayor	* Retrabajo por exceso de material	2	* Matriz fuera de especificaciones o desgastada * Cierre inadecuado de la matriz	3		* Carta puesta a punto * Lista de chequeo * Hoja de registro * Calibrador	4	24											
	* Diámetro menor	* Scrap por manchas	7	* Matriz fuera de especificaciones	2		* Carta puesta a punto * Lista de chequeo * Hoja de registro * Calibrador	2	28											
22. Espesor del cuerpo forjado	* Espesor mayor	* Retrabajo por exceso de material	1	* Puesta a punto mal hecha * Desgaste de la matriz y * Cierre inadecuado de la matriz	3		* Carta puesta a punto * Lista de chequeo * Calibrador	4	12											
	* Espesor menor	* Selección	7	* Puesta a punto mal hecha * Falta de llenado	2		* Carta puesta a punto * Lista de chequeo * Calibrador	4	56											
23. Espesor del espejo	* Espesor mayor	* Retrabajo por exceso de material	2	* Matriz fuera de especificaciones	2		* Carta puesta a punto * Lista de chequeo * Hoja de registro * Calibrador	4	16											
24. Corrimiento de matriz	* Corrimiento mayor	* Scrap por manchas	7	* Matriz fuera de especificaciones * Puesta a punto mal hecha * Desacomodo de matrices en el martillo por los golpes.	3		* Carta puesta a punto * Lista de chequeo * Hoja de registro * Calibrador	4	84											
50. NORMALIZADO 25. Dureza	* Dureza mayor / menor	* Rotura de las herramientas de mecanizado * Variación en tratamientos térmicos posteriores * Retrabajo	5	* Temperatura, tiempo y enfriamiento fuera de especificaciones * Materia prima defectuosa	3		* Carta puesta a punto * Lista de chequeo * Durómetro	2	30											
60. LIMPIEZA 26. Remoción de cascarilla	* Producto con cascarilla	* Retrabajo * Mala apariencia * Problemas en mecanizado	5	* Tiempos de ciclo corto * Poca granalla	2		* Carta puesta a punto * Visual	4	40											
27. Libre de pecas	* Producto no conforme	* Retrabajo * Mala apariencia	5	* Tiempos de ciclo corto * Poca granalla	2		* Carta puesta a punto * Visual	4	40											

65. CALIBRACION DE CARAS																			
28. Espesor del cuerpo	° Espesor mayor	° Retrabajo por exceso de material	2	° Puesta a punto mal hecha	3		° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo ° Hoja de registro ° Calibrador	4	24										
	° Espesor menor	° Scrap	8	° Puesta a punto mal hecha	2		° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo ° Hoja de registro ° Calibrador	4	64										
29. Planicidad de caras	° Fuera de especificación	° Retrabajo por exceso de material	6	° Error en puesta a punto	2		° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo ° Hoja de registro ° Comparador de caratula	4	48										
30. Paralelismo	° Fuera de especificación	° Retrabajo por exceso de material	6	° Error en puesta a punto	2		° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo ° Hoja de registro ° Comparador de caratula	4	48										
31. Radio de esquinas del cuerpo	° Radio mayor/menor	° Retrabajo	3	° Error en puesta a punto	2		° Carta puesta a punto ° Lista de chequeo ° Hoja de registro ° Galgas para radio	4	24										



ANEXO F

REPORTES DE LABORATORIO DE ESTUDIOS PRELIMINARES

F.1 REPORTE DE LABORATORIO BOCÍN

TEMPERATURA HORNO DE FORJA						ESPESOR DE LA BRIDA						RUN OUT ENTRE A-B					
ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA
1	1069	21	1038	41	1071	1	16,05	21	16,13	41	15,91	1	0,80	21	0,90	41	1,20
2	976	22	1241	42	1065	2	16,00	22	16,20	42	16,12	2	0,75	22	1,00	42	1,00
3	1059	23	1092	43	1084	3	16,12	23	16,21	43	16,08	3	1,00	23	0,80	43	1,20
4	1117	24	1137	44	1076	4	16,09	24	15,94	44	16,10	4	0,62	24	0,80	44	0,40
5	1067	25	1049	45	1167	5	16,10	25	15,98	45	16,30	5	1,20	25	0,60	45	0,60
6	1146	26	1173	46	1174	6	16,15	26	15,97	46	16,13	6	1,10	26	1,10	46	0,80
7	1067	27	1026	47	1056	7	16,12	27	15,99	47	15,93	7	1,00	27	0,70	47	1,10
8	1100	28	1099	48	1090	8	15,96	28	15,95	48	16,21	8	0,80	28	1,10	48	0,80
9	1145	29	1141	49	1074	9	15,90	29	16,00	49	16,12	9	0,90	29	0,80	49	1,40
10	1137	30	1086	50	1047	10	16,16	30	15,85	50	16,10	10	1,00	30	0,80	50	1,00
11	1056	31	1085	51	1043	11	16,06	31	15,97	51	16,03	11	1,00	31	0,90	51	0,80
12	1055	32	1043	52	1050	12	16,04	32	16,01	52	16,04	12	0,90	32	0,75	52	0,90
13	1154	33	1184	53	1094	13	16,03	33	16,03	53	16,12	13	0,40	33	1,00	53	1,15
14	1027	34	1037	54	1106	14	15,98	34	15,96	54	16,10	14	0,50	34	0,90	54	1,20
15	1124	35	1058	55	992	15	15,99	35	16,21	55	16,20	15	0,90	35	1,00	55	0,50
16	1081	36	1052	56	1188	16	16,17	36	15,94	56	15,74	16	1,20	36	0,10	56	1,10
17	1064	37	1060	57	933	17	16,11	37	15,97	57	16,16	17	1,00	37	0,80	57	1,10
18	1106	38	1027	58	1042	18	16,12	38	15,94	58	16,02	18	0,90	38	1,00	58	0,90
19	1067	39	1037	59	1061	19	16,06	39	16,04	59	15,92	19	0,85	39	1,20	59	1,00
20	1157	40	1039	60	1066	20	16,19	40	16,02	60	16,11	20	0,70	40	1,00	60	0,90
Observaciones:						Observaciones:						Observaciones:					
Observaciones:												UBICACIÓN PROBETAS CAJONERA:					
Reportado por:												Fecha:					
Report by: Diego Gómez; Auditor de Calidad												Date: 14/08/2008					
Firma aprobación del solicitante, fecha												Hoja					
Signature of soliciting, Date												Sheet					
Johana Rubiano; Coord. Procesos												1 de 6 of					



REPORTE DE LABORATORIO LABORATORY REPORT

Solicitante
Soliciting: Johana Rubiano; Coord de Procesos
Nombre de la parte
Part name: Bocín Optra
Fecha del plano o dibujo
B/P Date: 01/26/04

Fecha:
Date: 14/08/08
N° de la parte:
Part. N°: F22025-T
Cantidad o N° de piezas
N° of PCS: 125

Descripción de la solicitud
Descripción de the solicitude: Estudio preliminar FORJA

Aprobado **Rechazado** **Aprobación condicional**
Approved **Rejectec** **Cond. Approval:**

TEMPERATURA HORNO DE FORJA						ESPESOR DE LA BRIDA						RUN OUT ENTRE A-B					
ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA
61	1120	81	1027	101	1124	61	16,21	81	16,16	101	15,99	61	0,75	81	1,00	101	0,90
62	1076	82	1040	102	1041	62	16,11	82	16,06	102	16,18	62	1,00	82	0,85	102	1,15
63	1127	83	1030	103	1100	63	15,95	83	16,15	103	16,16	63	1,10	83	1,20	103	0,75
64	1095	84	1087	104	1079	64	16,07	84	16,01	104	15,89	64	0,80	84	0,80	104	1,00
65	1022	85	1124	105	1059	65	15,95	85	16,00	105	16,23	65	1,40	85	0,70	105	0,85
66	1133	86	1079	106	1058	66	15,97	86	16,31	106	16,21	66	1,20	86	0,85	106	1,00
67	1116	87	1119	107	1072	67	16,17	87	15,91	107	16,16	67	0,90	87	0,90	107	0,90
68	1131	88	1066	108	1070	68	16,11	88	16,12	108	16,13	68	0,80	88	0,90	108	1,10
69	1056	89	1063	109	1064	69	16,11	89	16,11	109	16,20	69	0,90	89	0,80	109	0,60
70	1108	90	1046	110	1075	70	16,20	90	16,10	110	16,56	70	1,00	90	0,95	110	0,75
71	1065	91	1045	111	1073	71	16,15	91	16,17	111	16,14	71	0,80	91	1,00	111	0,95
72	1090	92	1110	112	1055	72	16,08	92	16,04	112	16,19	72	0,90	92	0,75	112	1,00
73	1050	93	1073	113	1039	73	16,22	93	16,21	113	16,15	73	0,90	93	0,80	113	0,85
74	1120	94	1067	114	1074	74	15,99	94	16,09	114	16,14	74	1,10	94	1,00	114	1,00
75	1046	95	1025	115	990	75	16,13	95	16,01	115	16,21	75	0,90	95	1,00	115	0,60
76	1012	96	1079	116	1047	76	16,07	96	16,04	116	16,18	76	0,75	96	0,90	116	0,75
77	1059	97	1082	117	1042	77	15,97	97	16,09	117	16,17	77	1,00	97	1,00	117	0,80
78	1051	98	1135	118	1048	78	15,99	98	16,22	118	16,22	78	0,90	98	1,00	118	0,80
79	1049	99	1109	119	1135	79	16,13	99	15,92	119	16,17	79	0,70	99	1,10	119	0,90
80	1043	100	1037	120	995	80	16,04	100	16,01	120	16,28	80	1,20	100	1,20	120	1,00

Observaciones:	Observaciones:	Observaciones:
----------------	----------------	----------------

Observaciones: observations: Mediciones Proceso de FORJA	UBICACIÓN PROBETAS CAJONERA:
---	---------------------------------

Reportado por: Report by: Diego Gómez; Auditor de Calidad	Fecha: Date: 14/08/2008
---	----------------------------

Firma aprovacion del solicitante, fecha Signature of soliciting, Date	Hoja <u>2</u> de <u>6</u> Sheet <u>2</u> of <u>6</u>
--	---



REPORTE DE LABORATORIO LABORATORY REPORT

Solicitante
Soliciting: Johana Rubiano; Coord de Procesos
Nombre de la parte
Part name: Bocín Optra
Fecha del plano o dibujo
B/P Date: 01/26/04

Fecha:
Date: 14/08/08
N° de la parte:
Part. N°: F22025-T
Cantidad o N° de piezas
N° of PCS: 125

Descripción de la solicitud
Descripción of the solicitude: Estudio preliminar FORJA

Aprobado **Rechazado** **Aprobación condicional**
Approved **Rejectec** **Cond. Approvel:**

FORJA INCOMPLETA						GRIETAS/PLIEGUES/POROS											
ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA
1	OK	21	OK	41	OK	1	OK	21	OK	41	OK	1		21		41	
2	OK	22	OK	42	OK	2	OK	22	OK	42	OK	2		22		42	
3	OK	23	OK	43	OK	3	OK	23	OK	43	OK	3		23		43	
4	OK	24	OK	44	OK	4	OK	24	OK	44	OK	4		24		44	
5	OK	25	OK	45	OK	5	OK	25	OK	45	OK	5		25		45	
6	OK	26	OK	46	OK	6	OK	26	OK	46	OK	6		26		46	
7	OK	27	OK	47	OK	7	OK	27	OK	47	OK	7		27		47	
8	OK	28	OK	48	OK	8	OK	28	OK	48	OK	8		28		48	
9	OK	29	OK	49	OK	9	OK	29	OK	49	OK	9		29		49	
10	OK	30	OK	50	OK	10	OK	30	OK	50	OK	10		30		50	
11	OK	31	OK	51	OK	11	OK	31	OK	51	OK	11		31		51	
12	OK	32	OK	52	OK	12	OK	32	OK	52	OK	12		32		52	
13	OK	33	OK	53	OK	13	OK	33	OK	53	OK	13		33		53	
14	OK	34	OK	54	OK	14	OK	34	OK	54	OK	14		34		54	
15	OK	35	OK	55	OK	15	OK	35	OK	55	OK	15		35		55	
16	OK	36	OK	56	OK	16	OK	36	OK	56	OK	16		36		56	
17	OK	37	OK	57	OK	17	OK	37	OK	57	OK	17		37		57	
18	OK	38	OK	58	OK	18	OK	38	OK	58	OK	18		38		58	
19	OK	39	OK	59	OK	19	OK	39	OK	59	OK	19		39		59	
20	OK	40	OK	60	OK	20	OK	40	OK	60	OK	20		40		60	

Observaciones:	Observaciones:	Observaciones:

Observaciones: observations: Mediciones Proceso de FORJA	UBICACIÓN PROBETAS CAJONERA:

Reportado por: **Report by:** **Diego Gómez; Auditor de Calidad** **Fecha:** **Date:** 14/08/2008

Firma aprovacion del solicitante, fecha **Hoja** 4 **de** 6
Signature of soliciting, Date Johana Rubiano; Coord. Procesos **Sheet** of



REPORTE DE LABORATORIO LABORATORY REPORT

Solicitante
Soliciting: Johana Rubiano; Coord de Procesos
Nombre de la parte
Part name: Bocín Optra
Fecha del plano o dibujo
B/P Date: 01/26/04

Fecha:
Date: 14/08/08
N° de la parte:
Part. N°: F22025-T
Cantidad o N° de piezas
N° of PCS: 125

Descripción de la solicitud
Descripción de the solicitud: Estudio preliminar FORJA

Aprobado **Rechazado** **Aprobación condicional**
Approved **Rejectec** **Cond. Approvel:**

FORJA INCOMPLETA						GRIETAS/PLIEGUES/POROS											
ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA
61	OK	81	OK	101	OK	61	OK	81	OK	101	OK	61		81		101	
62	OK	82	OK	102	OK	62	OK	82	OK	102	OK	62		82		102	
63	OK	83	OK	103	OK	63	OK	83	OK	103	OK	63		83		103	
64	OK	84	OK	104	OK	64	OK	84	OK	104	OK	64		84		104	
65	OK	85	OK	105	OK	65	OK	85	OK	105	OK	65		85		105	
66	OK	86	OK	106	OK	66	OK	86	OK	106	OK	66		86		106	
67	OK	87	OK	107	OK	67	OK	87	OK	107	OK	67		87		107	
68	OK	88	OK	108	OK	68	OK	88	OK	108	OK	68		88		108	
69	OK	89	OK	109	OK	69	OK	89	OK	109	OK	69		89		109	
70	OK	90	OK	110	OK	70	OK	90	OK	110	OK	70		90		110	
71	OK	91	OK	111	OK	71	OK	91	OK	111	OK	71		91		111	
72	OK	92	OK	112	OK	72	OK	92	OK	112	OK	72		92		112	
73	OK	93	OK	113	OK	73	OK	93	OK	113	OK	73		93		113	
74	OK	94	OK	114	OK	74	OK	94	OK	114	OK	74		94		114	
75	OK	95	OK	115	OK	75	OK	95	OK	115	OK	75		95		115	
76	OK	96	OK	116	OK	76	OK	96	OK	116	OK	76		96		116	
77	OK	97	OK	117	OK	77	OK	97	OK	117	OK	77		97		117	
78	OK	98	OK	118	OK	78	OK	98	OK	118	OK	78		98		118	
79	OK	99	OK	119	OK	79	OK	99	OK	119	OK	79		99		119	
80	OK	100	OK	120	OK	80	OK	100	OK	120	OK	80		100		120	

Observaciones:	Observaciones:	Observaciones:

Observaciones:	UBICACIÓN PROBETAS CAJONERA:
observations: Mediciones Proceso de FORJA	

Reportado por:	Fecha:
Report by: Diego Gómez; Auditor de Calidad	Date: 14/08/2008

Firma aprovacion del solicitante, fecha	Hoja	5	de	6
Signature of soliciting, Date	Sheet		of	
Johana Rubiano; Coord. Procesos				



F.2 REPORTE DE LABORATORIO JUNTA FIJA (PRIMER ESTUDIO)

TEMPERATURA PIEZA						DISTANCIA FONDO A HOMBRO CAMPANA						DIST. FONDO CAMPANA A EXT. VÁSTAGO					
ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA
1	1140	21	1233	41	1150	1	12,97	21	12,40	41	12,08	1	97,11	21	95,57	41	96,19
2	1112	22	1192	42	1111	2	12,56	22	12,27	42	11,76	2	96,64	22	95,34	42	94,60
3	1190	23	1174	43	1221	3	13,23	23	12,24	43	12,60	3	96,77	23	96,20	43	94,87
4	1052	24	1214	44	1080	4	12,78	24	12,23	44	12,06	4	95,87	24	96,00	44	95,48
5	1251	25	1189	45	1232	5	13,09	25	11,98	45	11,97	5	96,15	25	94,74	45	95,76
6	1114	26	1103	46	1151	6	12,86	26	12,20	46	12,04	6	95,12	26	94,92	46	95,53
7	1256	27	1132	47	1132	7	12,66	27	12,24	47	12,35	7	96,63	27	95,31	47	96,06
8	1110	28	1156	48	1239	8	12,38	28	12,02	48	12,63	8	93,80	28	95,43	48	95,73
9	1100	29	1215	49	1212	9	12,34	29	12,15	49	12,32	9	96,17	29	94,45	49	94,38
10	1110	30	1225	50	1235	10	12,12	30	12,14	50	12,48	10	94,82	30	93,97	50	94,96
11	1114	31	1172	51	1150	11	12,10	31	11,94	51	12,30	11	95,84	31	94,56	51	95,07
12	1216	32	1170	52	1174	12	11,86	32	12,24	52	12,43	12	95,68	32	96,07	52	95,30
13	1254	33	1187	53	1181	13	12,30	33	12,37	53	12,30	13	93,51	33	95,99	53	95,26
14	1122	34	1234	54	1100	14	11,96	34	12,26	54	12,57	14	95,42	34	96,19	54	95,73
15	1220	35	1081	55	1130	15	12,14	35	12,17	55	12,38	15	94,38	35	96,20	55	95,20
16	1130	36	1050	56	1215	16	12,37	36	12,09	56	12,14	16	96,20	36	95,43	56	95,86
17	1240	37	1121	57	1110	17	11,96	37	12,18	57	12,50	17	94,41	37	94,07	57	95,21
18	1229	38	1133	58	1241	18	12,33	38	12,23	58	12,23	18	95,90	38	95,29	58	95,12
19	1211	39	1113	59	1126	19	12,26	39	12,27	59	12,01	19	96,17	39	95,08	59	95,36
20	1229	40	1171	60	1099	20	12,33	40	12,53	60	12,30	20	94,85	40	95,70	60	94,75
Observaciones:						Observaciones:						Observaciones:					
Observaciones: observations: Mediciones Proceso de FORJA												UBICACIÓN PROBETAS CAJONERA:					
Reportado por: Carlos Pimiento; Auditor de Calidad																	
Firma aprovacion del solicitante, fecha Signature of soliciting, Date Leonardo Quesada; Coord. de Procesos												Fecha: Date: 01/10/2008					
												Hoja 1 de 3 Sheet of					

NOV 2005 F4-039-1105



REPORTE DE LABORATORIO LABORATORY REPORT

Solicitante
Soliciting: Leonardo Quesada; Coord. de Procesos
Nombre de la parte
Part name: Junta Fija Megane
Fecha del plano o dibujo
B/P Date: 07/05/05
Descripción de la solicitud
Descripción of the solicitude: Estudio preliminar FORJA

Fecha: 01/10/08
Date: 01/10/08
N° de la parte:
Part. N°: F3638018T
Cantidad o N° de piezas
N° of PCS: 125
Aprobado **Rechazado** **Aprobación condicional**
Approved **Rejectec** **Cond. Approval:**

TEMPERATURA PIEZA						DISTANCIA FONDO A HOMBRO CAMPANA						DIST. FONDO CAMPANA A EXT. VÁSTAGO					
ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA
61	1101	81	1167	101	1259	61	12,62	81	12,18	101	12,52	61	96,09	81	92,20	101	95,17
62	1220	82	1156	102	1205	62	12,27	82	12,09	102	12,16	62	96,82	82	89,42	102	95,12
63	1132	83	1170	103	1270	63	12,21	83	12,57	103	12,33	63	95,38	83	92,21	103	94,71
64	1127	84	1197	104	1186	64	11,97	84	11,94	104	12,40	64	95,77	84	95,25	104	93,91
65	1247	85	1231	105	1226	65	10,55	85	11,81	105	12,78	65	92,69	85	95,13	105	96,33
66	1174	86	1161	106	1170	66	11,87	86	12,13	106	12,85	66	95,51	86	93,44	106	93,86
67	1256	87	1216	107	1160	67	12,10	87	11,68	107	12,76	67	95,71	87	92,20	107	96,21
68	1184	88	1224	108	1152	68	12,05	88	11,79	108	12,36	68	95,74	88	86,44	108	96,13
69	1169	89	1237	109	1229	69	12,10	89	11,74	109	12,72	69	95,80	89	83,75	109	96,25
70	1263	90	1133	110	1220	70	11,94	90	12,33	110	12,56	70	94,76	90	95,42	110	95,70
71	1150	91	1166	111	1100	71	12,09	91	12,25	111	12,26	71	94,05	91	89,61	111	95,74
72	1160	92	1019	112	1226	72	12,00	92	12,77	112	12,42	72	94,24	92	90,38	112	95,01
73	1210	93	1075	113	1147	73	12,06	93	12,28	113	12,75	73	94,40	93	95,94	113	96,55
74	1050	94	1180	114	1192	74	11,84	94	12,24	114	12,13	74	94,64	94	95,48	114	95,14
75	1262	95	1069	115	1200	75	11,87	95	12,51	115	12,36	75	92,60	95	95,97	115	95,06
76	1050	96	1185	116	1219	76	12,33	96	12,40	116	12,32	76	95,96	96	96,08	116	96,02
77	1237	97	1211	117	1242	77	12,39	97	12,38	117	11,85	77	94,71	97	95,84	117	95,32
78	1057	98	1219	118	1174	78	12,16	98	12,59	118	12,30	78	94,48	98	95,47	118	95,95
79	1125	99	1107	119	1102	79	12,48	99	12,39	119	12,46	79	95,04	99	95,43	119	95,52
80	1100	100	1174	120	1179	80	11,82	100	12,55	120	12,34	80	91,91	100	94,60	120	94,41

Observaciones:	Observaciones: ITEM 82: Sale pieza con punta defectuosa	Observaciones:
----------------	---	----------------

Observaciones: observations: <u>Mediciones Proceso de FORJA</u>	UBICACIÓN PROBETAS CAJONERA:
--	---------------------------------

Reportado por: Report by: Carlos Pimiento; Auditor de Calidad	Fecha: Date: <u>01/10/2008</u>
---	-----------------------------------

Firma aprovacion del solicitante, fecha Signature of soliciting, Date <u>Leonardo Quesada; Coord. de Procesos</u>	Hoja <u>2</u> de <u>3</u> Sheet <u>2</u> of <u>3</u>
--	---



F.3 REPORTE DE LABORATORIO ESPIGA

DIST. BASE ESPIGA A ASIENTO VÁSTAGO						DIÁMETRO ENSAMBLE TUBO						LONGITUD TOTAL					
ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA
1	49,69	21	50,51	41	50,91	1	66,76	21	66,92	41	66,81	1	119,93	21	122,28	41	123,37
2	49,58	22	50,23	42	50,44	2	66,58	22	66,66	42	66,70	2	119,97	22	121,88	42	122,41
3	50,15	23	50,56	43	50,23	3	66,98	23	67,06	43	66,52	3	120,17	23	122,55	43	121,63
4	49,61	24	50,68	44	50,59	4	67,02	24	66,74	44	66,84	4	117,87	24	122,62	44	122,84
5	49,95	25	50,58	45	50,86	5	67,14	25	67,27	45	66,78	5	118,39	25	122,73	45	122,76
6	49,68	26	50,45	46	51,04	6	66,68	26	66,53	46	66,74	6	118,96	26	122,69	46	122,97
7	49,98	27	50,76	47	50,19	7	66,99	27	66,96	47	66,79	7	120,03	27	123,08	47	122,92
8	50,22	28	50,28	48	50,37	8	67,36	28	66,65	48	66,63	8	119,38	28	122,35	48	122,14
9	49,75	29	50,32	49	49,72	9	67,15	29	66,78	49	66,68	9	119,12	29	121,98	49	120,14
10	50,18	30	50,16	50	50,39	10	66,72	30	66,95	50	66,67	10	118,91	30	122,21	50	122,28
11	50,97	31	50,39	51	50,83	11	66,47	31	66,75	51	67,13	11	120,00	31	122,19	51	122,15
12	50,28	32	50,73	52	50,37	12	66,67	32	66,94	52	66,69	12	120,39	32	122,37	52	122,13
13	50,38	33	50,61	53	50,82	13	66,62	33	66,76	53	66,69	13	121,63	33	122,77	53	120,47
14	50,75	34	50,56	54	50,39	14	66,67	34	66,64	54	66,90	14	122,51	34	122,52	54	121,26
15	49,98	35	50,89	55	50,91	15	66,69	35	66,78	55	66,97	15	120,10	35	123,06	55	119,66
16	50,83	36	50,81	56	50,42	16	66,78	36	66,84	56	66,92	16	122,24	36	122,91	56	119,18
17	50,17	37	50,86	57	51,16	17	66,89	37	66,87	57	67,31	17	120,90	37	123,31	57	120,00
18	50,65	38	50,47	58	51,12	18	67,10	38	66,95	58	67,22	18	121,19	38	122,62	58	119,54
19	50,31	39	50,29	59	50,63	19	66,82	39	66,78	59	66,88	19	121,22	39	122,17	59	120,35
20	50,68	40	51,08	60	50,49	20	66,80	40	66,92	60	66,89	20	120,59	40	123,55	60	118,09
Observaciones:						Observaciones:						Observaciones:					
Observaciones: observations: Mediciones Proceso de FORJA												UBICACIÓN PROBETAS CAJONERA:					
Reportado por: Report by: Carlos Pimiento; Auditor de Calidad																	
Firma aprovacion del solicitante, fecha Signature of soliciting, Date <u>Leonardo Quesada; Coord de Procesos</u>												Fecha: Date: <u>03/10/2008</u>					
Hoja <u>1</u> de <u>6</u> Sheet <u>1</u> of <u>6</u>																	

NOV 2005 **F4-039-1105**



REPORTE DE LABORATORIO LABORATORY REPORT

Solicitante
Soliciting: Leonardo Quesada; Coord de Procesos
Nombre de la parte
Part name: Espigo I-190
Fecha del plano o dibujo
B/P Date: 12/13/88

Fecha:
Date: 03/10/08
N° de la parte:
Part. N°: F2-54-0001
Cantidad o N° de piezas
N° of PCS: 125

Descripción de la solicitud
Descripción of the solicitude: Estudio preliminar FORJA

Aprobado **Rechazado** **Aprobación condicional**
Approved **Rejectec** **Cond. Approval:**

DIST. BASE ESPIGA A ASIENTO VÁSTAGO						DIÁMETRO ENSAMBLE TUBO						LONGITUD TOTAL					
ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA
61	51,11	81	50,58	101	50,76	61	67,27	81	67,49	101	66,88	61	121,45	81	119,81	101	122,94
62	50,90	82	51,20	102	50,74	62	66,83	82	67,01	102	67,06	62	120,30	82	119,13	102	123,45
63	51,08	83	51,17	103	51,41	63	66,58	83	67,00	103	67,00	63	120,68	83	122,58	103	123,86
64	*	84	51,51	104	50,91	64	*	84	67,32	104	67,06	64	*	84	120,40	104	123,25
65	50,63	85	51,00	105	*	65	66,90	85	67,58	105	*	65	123,01	85	123,16	105	*
66	50,67	86	50,71	106	*	66	66,97	86	67,01	106	*	66	122,78	86	121,34	106	*
67	50,71	87	51,89	107	*	67	67,02	87	67,06	107	*	67	123,14	87	120,46	107	*
68	50,52	88	51,61	108	*	68	67,04	88	67,08	108	*	68	122,78	88	117,77	108	*
69	50,38	89	51,25	109	50,87	69	66,94	89	67,23	109	67,01	69	123,56	89	120,37	109	123,72
70	50,64	90	51,22	110	50,76	70	66,96	90	66,85	110	67,06	70	123,39	90	120,98	110	123,22
71	50,27	91	51,84	111	50,88	71	66,87	91	66,94	111	67,01	71	123,48	91	120,01	111	123,58
72	50,45	92	51,59	112	50,65	72	66,81	92	66,96	112	67,23	72	123,63	92	119,23	112	123,65
73	50,41	93	50,93	113	50,76	73	66,94	93	67,33	113	67,03	73	123,41	93	119,34	113	123,77
74	50,44	94	50,71	114	50,62	74	66,98	94	66,78	114	67,04	74	123,30	94	120,28	114	123,26
75	51,54	95	51,17	115	50,60	75	67,10	95	66,93	115	66,97	75	119,74	95	123,67	115	123,60
76	51,32	96	51,21	116	50,66	76	66,91	96	67,03	116	66,97	76	119,88	96	123,76	116	123,49
77	51,12	97	51,26	117	50,87	77	67,21	97	67,13	117	66,98	77	120,60	97	123,78	117	123,71
78	51,18	98	50,98	118	50,92	78	67,00	98	66,79	118	66,97	78	120,79	98	123,42	118	123,64
79	51,04	99	51,30	119	51,05	79	66,96	99	67,24	119	66,88	79	119,71	99	123,22	119	123,82
80	51,21	100	50,86	120	50,80	80	67,27	100	66,94	120	66,86	80	119,91	100	123,73	120	123,87

Observaciones:	Observaciones:	Observaciones:
----------------	----------------	----------------

Observaciones: observations: <u>Mediciones Proceso de FORJA</u> <u>* Ausencia de pieza</u>	UBICACIÓN PROBETAS CAJONERA:
--	---------------------------------

Reportado por: Report by: Carlos Pimiento; Auditor de Calidad	Fecha: Date: <u>03/10/2008</u>
---	-----------------------------------

Firma aprovacion del solicitante, fecha Signature of soliciting, Date <u>Leonardo Quesada; Coord de Procesos</u>	Hoja <u>2</u> de <u>6</u> Sheet <u>2</u> of <u>6</u>
---	---



REPORTE DE LABORATORIO LABORATORY REPORT

Solicitante
Soliciting: Leonardo Quesada; Coord de Procesos
Nombre de la parte
Part name: Espigo I-190
Fecha del plano o dibujo
B/P Date: 12/13/88

Fecha:
Date: 03/10/08
N° de la parte:
Part. N°: F2-54-0001
Cantidad o N° de piezas
N° of PCS: 125

Descripción de la solicitud
Descripción of the solicitude: Estudio Capacidad FORJA

Aprobado **Rechazado** **Aprobación condicional**
Approved **Rejectec** **Cond. Approval:**

FORJA INCOMPLETA																	
ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA
1	FIEV	21	FIEV	41	FIEV	1		21		41		1		21		41	
2	FIEV	22	FIEV	42	FIEV	2		22		42		2		22		42	
3	FIEV	23	FIEV	43	FIEV	3		23		43		3		23		43	
4	FIEV	24	FIEV	44	OK	4		24		44		4		24		44	
5	FIEV	25	FIEV	45	FIEV	5		25		45		5		25		45	
6	FIEV	26	OK	46	OK	6		26		46		6		26		46	
7	FIEV	27	OK	47	FIEV	7		27		47		7		27		47	
8	FIEV	28	FIEV	48	OK	8		28		48		8		28		48	
9	FIEV	29	FIEV	49	FIEV	9		29		49		9		29		49	
10	FIEV	30	FIEV	50	OK	10		30		50		10		30		50	
11	FIEV	31	FIEV	51	FIEV	11		31		51		11		31		51	
12	FIEV	32	FIEV	52	OK	12		32		52		12		32		52	
13	FIEV	33	FIEV	53	OK	13		33		53		13		33		53	
14	OK	34	FIEV	54	OK	14		34		54		14		34		54	
15	FIEV	35	FIEV	55	FIEV	15		35		55		15		35		55	
16	FIEV	36	FIEV	56	FIEV	16		36		56		16		36		56	
17	FIEV	37	FIEV	57	FIEV	17		37		57		17		37		57	
18	FIEV	38	FIEV	58	FIEV	18		38		58		18		38		58	
19	FIEV	39	FIEV	59	FIEV	19		39		59		19		39		59	
20	FIEV	40	FIEV	60	FIEV	20		40		60		20		40		60	

Observaciones: Forja incompleta extremo vástago	FIEV: Observaciones:	Observaciones:
--	----------------------	----------------

Observaciones: observations: <u>Mediciones Proceso de FORJA</u>	UBICACIÓN PROBETAS CAJONERA:
--	---------------------------------

Reportado por: Report by: Carlos Pimiento; Auditor de Calidad	Fecha: Date: <u>03/10/2008</u>
---	-----------------------------------

Firma aprovación del solicitante, fecha Signature of soliciting, Date <u>Leonardo Quesada; Coord de Procesos</u>	Hoja <u>4</u> de <u>6</u> Sheet <u>4</u> of <u>6</u>
---	---



REPORTE DE LABORATORIO LABORATORY REPORT

Solicitante
Soliciting: Leonardo Quesada; Coord de Procesos
Nombre de la parte
Part name: Espigo I-190
Fecha del plano o dibujo
B/P Date: 12/13/88

Fecha:
Date: 03/10/08
N° de la parte:
Part. N°: F2-54-0001
Cantidad o N° de piezas
N° of PCS: 125

Descripción de la solicitud
Descripción of the solicitude: Estudio Capacidad FORJA

Aprobado **Rechazado** **Aprobación condicional**
Approved **Rejectec** **Cond. Approval:**

FORJA INCOMPLETA																	
ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA
61	OK	81	OK	101	OK	61		81		101		61		81		101	
62	OK	82	FIEV	102	OK	62		82		102		62		82		102	
63	OK	83	OK	103	OK	63		83		103		63		83		103	
64	*	84	FIEV	104	OK	64		84		104		64		84		104	
65	FIEV	85	OK	105	*	65		85		105		65		85		105	
66	FIEV	86	FIEV	106	*	66		86		106		66		86		106	
67	OK	87	FIEV	107	*	67		87		107		67		87		107	
68	FIEV	88	FIEV	108	*	68		88		108		68		88		108	
69	OK	89	FIEV	109	OK	69		89		109		69		89		109	
70	FIEV	90	FIEV	110	OK	70		90		110		70		90		110	
71	FIEV	91	FIEV	111	OK	71		91		111		71		91		111	
72	FIEV	92	FIEV	112	OK	72		92		112		72		92		112	
73	FIEV	93	FIEV	113	OK	73		93		113		73		93		113	
74	FIEV	94	FIEV	114	OK	74		94		114		74		94		114	
75	FIEV	95	OK	115	OK	75		95		115		75		95		115	
76	FIEV	96	OK	116	OK	76		96		116		76		96		116	
77	FIEV	97	OK	117	FIEV	77		97		117		77		97		117	
78	FIEV	98	OK	118	OK	78		98		118		78		98		118	
79	FIEV	99	OK	119	OK	79		99		119		79		99		119	
80	OK	100	OK	120	OK	80		100		120		80		100		120	

Observaciones: Forja incompleta extremo vástago FIEV: Observaciones: Observaciones:

Observaciones: observations: Mediciones Proceso de FORJA UBICACIÓN PROBETAS CAJONERA:

Reportado por: **Carlos Pimiento; Auditor de Calidad** Fecha: 03/10/2008

Firma aprovacion del solicitante, fecha Signature of soliciting, Date Leonardo Quesada; Coord de Procesos Hoja 5 de 6 Sheet 5 of 6



F.4 REPORTE DE LABORATORIO TRICETA

LONGITUD						PESO DE CARGA (g)						ALTURA DEL CUERPO					
ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA
1	74,14	21	74,03	41	73,99	1	457,50	21	458,50	41	458,50	1	29,37	21	29,55	41	29,02
2	74,09	22	73,87	42	74,00	2	460,50	22	458,00	42	458,50	2	29,62	22	29,42	42	29,61
3	74,01	23	73,94	43	74,01	3	458,50	23	458,00	43	459,00	3	29,57	23	29,29	43	29,60
4	73,96	24	73,96	44	73,95	4	458,50	24	458,00	44	459,00	4	29,51	24	29,68	44	29,62
5	73,99	25	73,97	45	73,98	5	458,00	25	458,00	45	459,00	5	29,68	25	29,45	45	29,50
6	73,97	26	74,02	46	73,97	6	458,50	26	458,50	46	459,50	6	29,55	26	29,67	46	29,20
7	74,02	27	74,01	47	73,88	7	457,50	27	458,00	47	458,50	7	29,26	27	29,76	47	29,41
8	73,99	28	73,93	48	74,01	8	459,50	28	458,00	48	459,50	8	29,22	28	29,65	48	29,42
9	74,00	29	74,01	49	73,89	9	457,50	29	458,00	49	459,00	9	29,21	29	29,54	49	29,37
10	73,98	30	73,89	50	73,87	10	458,50	30	458,00	50	459,00	10	29,18	30	29,52	50	29,48
11	74,00	31	73,91	51	73,98	11	458,50	31	458,00	51	459,00	11	29,60	31	29,67	51	29,52
12	73,97	32	73,98	52	73,95	12	458,00	32	458,00	52	459,50	12	29,33	32	29,72	52	29,65
13	73,99	33	73,97	53	73,98	13	458,50	33	458,50	53	459,50	13	29,53	33	29,86	53	29,71
14	73,94	34	73,97	54	73,99	14	458,00	34	458,50	54	458,50	14	29,36	34	29,61	54	29,59
15	73,92	35	73,90	55	73,94	15	458,50	35	458,00	55	458,00	15	29,14	35	29,74	55	29,86
16	73,97	36	73,98	56	73,99	16	458,00	36	459,00	56	458,50	16	29,74	36	29,71	56	29,54
17	73,95	37	73,97	57	73,98	17	458,50	37	458,50	57	458,50	17	29,04	37	29,62	57	29,55
18	74,02	38	74,00	58	73,92	18	458,50	38	459,00	58	458,50	18	29,54	38	29,26	58	29,43
19	73,91	39	73,99	59	73,98	19	458,50	39	458,50	59	459,00	19	29,48	39	29,40	59	29,79
20	73,97	40	73,99	60	74,05	20	458,50	40	458,50	60	459,00	20	29,23	40	29,82	60	29,35
Observaciones:						Observaciones:						Observaciones:					
Observaciones:												UBICACIÓN PROBETAS CAJONERA:					
observations:																	
Reportado por:												Fecha:					
Report by: Carlos Pimiento; Auditor de Calidad												Date: 09/05/2009					
Firma aprovacion del solicitante, fecha												Hoja					
Signature of soliciting, Date <u>Leonardo Quesada; Coord. de Procesos</u>												Sheet <u>1</u> of <u>6</u>					



REPORTE DE LABORATORIO LABORATORY REPORT

Solicitante
Soliciting: Leonardo Quesada; Coord. de Procesos
Nombre de la parte
Part name: Triceta Gi 2600i
Fecha del plano o dibujo
B/P Date: 12/13/07
Descripción de la solicitud
Descripción of the solicitud: Estudio preliminar CORTE y FORJA

Fecha: 09/05/09
Date: 09/05/09
N° de la parte:
Part. N°: F350818T
Cantidad o N° de piezas
N° of PCS: 125
Aprobado **Rechazado** **Aprobación condicional**
Approved **Rejectec** **Cond. Approval:**

LONGITUD						PESO DE CARGA (g)						ALTURA DEL CUERPO					
ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA
61	73,95	81	73,95	101	73,90	61	458,50	81	458,00	101	457,00	61	29,15	81	29,80	101	29,01
62	73,94	82	74,03	102	73,97	62	458,50	82	458,00	102	457,50	62	29,45	82	29,39	102	29,27
63	73,97	83	73,97	103	73,96	63	458,50	83	458,00	103	458,00	63	29,61	83	29,62	103	29,62
64	73,86	84	73,98	104	73,97	64	458,00	84	457,50	104	458,00	64	29,55	84	29,74	104	29,07
65	73,95	85	73,94	105	73,91	65	458,50	85	457,00	105	457,50	65	29,71	85	29,71	105	29,21
66	73,94	86	73,96	106	73,95	66	458,50	86	457,50	106	457,50	66	29,53	86	29,49	106	29,75
67	73,95	87	74,01	107	73,86	67	458,50	87	458,00	107	457,00	67	29,61	87	29,51	107	29,18
68	74,00	88	73,98	108	73,93	68	458,50	88	458,00	108	457,50	68	29,71	88	29,70	108	29,62
69	73,97	89	73,81	109	73,92	69	458,00	89	457,50	109	458,00	69	29,52	89	29,69	109	29,57
70	74,00	90	73,90	110	73,98	70	458,00	90	458,00	110	458,50	70	29,75	90	29,75	110	29,85
71	74,01	91	73,95	111	73,94	71	458,00	91	458,00	111	458,00	71	29,42	91	29,74	111	29,91
72	74,05	92	73,91	112	74,16	72	458,50	92	458,00	112	458,00	72	29,86	92	29,42	112	29,46
73	74,13	93	74,05	113	74,01	73	459,50	93	458,00	113	458,00	73	29,53	93	29,18	113	29,68
74	74,34	94	74,00	114	74,01	74	461,00	94	458,50	114	458,00	74	29,82	94	29,58	114	29,20
75	73,87	95	73,95	115	73,96	75	457,50	95	458,00	115	457,50	75	29,56	95	29,63	115	29,65
76	73,94	96	73,97	116	73,95	76	458,00	96	458,00	116	457,00	76	29,67	96	29,76	116	29,47
77	73,97	97	73,95	117	74,03	77	458,00	97	457,00	117	458,00	77	29,16	97	29,00	117	29,54
78	74,07	98	73,98	118	73,96	78	458,50	98	458,00	118	457,50	78	29,83	98	29,79	118	29,76
79	73,92	99	73,94	119	74,02	79	457,00	99	457,50	119	458,50	79	29,80	99	29,67	119	29,58
80	73,92	100	73,95	120	73,82	80	458,00	100	457,00	120	457,50	80	29,64	100	29,38	120	29,62

Observaciones:	Observaciones:	Observaciones:
----------------	----------------	----------------

Observaciones: observations: <u>Mediciones Proceso de FORJA</u>	UBICACIÓN PROBETAS CAJONERA:
--	---------------------------------

Reportado por: Report by: <u>Carlos Pimiento; Auditor de Calidad</u>	Fecha: Date: <u>09/05/2009</u>
---	-----------------------------------

Firma aprovación del solicitante, fecha Signature of soliciting, Date <u>Leonardo Quesada; Coord. de Procesos</u>	Hoja <u>2</u> de <u>6</u> Sheet <u>2</u> of <u>6</u>
--	---



REPORTE DE LABORATORIO LABORATORY REPORT

Solicitante
Soliciting: Leonardo Quesada; Coord. de Procesos
Nombre de la parte
Part name: Triceta Gi 2600i
Fecha del plano o dibujo
B/P Date: 12/13/07

Fecha:
Date: 09/05/09
N° de la parte:
Part. N°: F350818T
Cantidad o N° de piezas
N° of PCS: 125

Descripción de la solicitud
Descripción de the solicitud: Estudio preliminar CORTE y FORJA

Aprobado **Rechazado** **Aprobación condicional**
Approved **Rejectec** **Cond. Approval:**

CORRIMIENTO						GRIETAS/PLIEGUES											
ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA
1	0,61	21	0,48	41	0,50	1	OK	21	OK	41	OK	1		21		41	
2	0,55	22	0,61	42	0,52	2	OK	22	OK	42	OK	2		22		42	
3	0,60	23	0,52	43	0,63	3	OK	23	OK	43	OK	3		23		43	
4	0,63	24	0,57	44	0,61	4	OK	24	OK	44	OK	4		24		44	
5	0,57	25	0,57	45	0,61	5	OK	25	OK	45	OK	5		25		45	
6	0,45	26	0,58	46	0,65	6	OK	26	OK	46	OK	6		26		46	
7	0,72	27	0,60	47	0,65	7	OK	27	OK	47	OK	7		27		47	
8	0,58	28	0,56	48	0,54	8	OK	28	OK	48	OK	8		28		48	
9	0,54	29	0,63	49	0,64	9	OK	29	OK	49	OK	9		29		49	
10	0,52	30	0,53	50	0,62	10	OK	30	OK	50	OK	10		30		50	
11	0,52	31	0,61	51	0,65	11	OK	31	OK	51	OK	11		31		51	
12	0,56	32	0,59	52	0,63	12	OK	32	OK	52	OK	12		32		52	
13	0,62	33	0,63	53	0,59	13	OK	33	OK	53	OK	13		33		53	
14	0,51	34	0,58	54	0,61	14	OK	34	OK	54	OK	14		34		54	
15	0,52	35	0,55	55	0,54	15	OK	35	OK	55	OK	15		35		55	
16	0,61	36	0,52	56	0,58	16	OK	36	OK	56	OK	16		36		56	
17	0,60	37	0,53	57	0,64	17	OK	37	OK	57	OK	17		37		57	
18	0,57	38	0,55	58	0,54	18	OK	38	OK	58	OK	18		38		58	
19	0,57	39	0,52	59	0,59	19	OK	39	OK	59	OK	19		39		59	
20	0,60	40	0,53	60	0,56	20	OK	40	OK	60	OK	20		40		60	

Observaciones: Observaciones: Observaciones:

Observaciones: observations: UBICACIÓN PROBETAS CAJONERA:

Reportado por: **Carlos Pimiento; Auditor de Calidad** Fecha: 09/05/2009

Firma aprovación del solicitante, fecha Leonardo Quesada; Coord. de Procesos Hoja 4 de 6
 Signature of soliciting, Date Sheet 4 of 6



REPORTE DE LABORATORIO LABORATORY REPORT

Solicitante
Soliciting: Leonardo Quesada; Coord. de Procesos
Nombre de la parte
Part name: Triceta Gi 2600i
Fecha del plano o dibujo
B/P Date: 12/13/07
Descripción de la solicitud
Descripción de the solicitud: Estudio preliminar CORTE y FORJA

Fecha: 09/05/09
Date: 09/05/09
N° de la parte:
Part. N°: F350818T
Cantidad o N° de piezas
N° of PCS: 125
Aprobado **Rechazado** **Aprobación condicional**
Approved **Rejectec** **Cond. Approval:**

CORRIMIENTO						GRIETAS/PLIEGUES											
ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA
61	0,60	81	0,63	101	0,50	61	OK	81	OK	101	OK	61		81		101	
62	0,59	82	0,49	102	0,52	62	OK	82	OK	102	OK	62		82		102	
63	0,60	83	0,58	103	0,49	63	OK	83	OK	103	OK	63		83		103	
64	0,62	84	0,65	104	0,60	64	OK	84	OK	104	OK	64		84		104	
65	0,54	85	0,57	105	0,62	65	OK	85	OK	105	OK	65		85		105	
66	0,56	86	0,59	106	0,54	66	OK	86	OK	106	OK	66		86		106	
67	0,52	87	0,61	107	0,53	67	OK	87	OK	107	OK	67		87		107	
68	0,60	88	0,53	108	0,60	68	OK	88	OK	108	OK	68		88		108	
69	0,52	89	0,62	109	0,55	69	OK	89	OK	109	OK	69		89		109	
70	0,54	90	0,60	110	0,53	70	OK	90	OK	110	OK	70		90		110	
71	0,54	91	0,56	111	0,52	71	OK	91	OK	111	OK	71		91		111	
72	0,52	92	0,55	112	0,55	72	OK	92	OK	112	OK	72		92		112	
73	0,53	93	0,62	113	0,57	73	OK	93	OK	113	OK	73		93		113	
74	0,56	94	0,65	114	0,56	74	OK	94	OK	114	OK	74		94		114	
75	0,61	95	0,61	115	0,54	75	OK	95	OK	115	OK	75		95		115	
76	0,56	96	0,51	116	0,62	76	OK	96	OK	116	OK	76		96		116	
77	0,65	97	0,53	117	0,61	77	OK	97	OK	117	OK	77		97		117	
78	0,64	98	0,58	118	0,58	78	OK	98	OK	118	OK	78		98		118	
79	0,59	99	0,55	119	0,54	79	OK	99	OK	119	OK	79		99		119	
80	0,56	100	0,53	120	0,57	80	OK	100	OK	120	OK	80		100		120	

Observaciones:	Observaciones:	Observaciones:

Observaciones:	UBICACIÓN PROBETAS CAJONERA:
observations: <u>Mediciones Proceso de FORJA</u>	

Reportado por:	Fecha:
Report by: <u>Carlos Pimiento; Auditor de Calidad</u>	Date: <u>09/05/2009</u>

Firma aprovación del solicitante, fecha	Hoja	5	de	6
Signature of soliciting, Date	Sheet		of	
<u>Leonardo Quesada; Coord. de Procesos</u>				



F.5 REPORTE DE LABORATORIO TRICETA

TEMPERATURA PUNZÓN						DIST. FONDO CAMPANA A EXT. VÁSTAGO						DISTANCIA FONDO A HOMBRO CAMPANA					
ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA
1	166	21	156	41	170	1	98,58	21	95,82	41	97,82	1	12,34	21	12,52	41	12,32
2	156	22	192	42	199	2	97,59	22	100,08	42	99,34	2	12,09	22	11,68	42	12,13
3	192	23	153	43	166	3	99,49	23	95,14	43	98,41	3	11,99	23	12,54	43	11,51
4	145	24	148	44	178	4	100,44	24	96,63	44	96,58	4	12,85	24	12,48	44	11,78
5	144	25	171	45	189	5	101,33	25	98,02	45	97,20	5	12,56	25	12,42	45	11,05
6	163	26	250	46	172	6	99,13	26	98,77	46	96,70	6	12,68	26	12,20	46	11,90
7	157	27	300	47	173	7	99,51	27	100,28	47	96,69	7	12,54	27	12,28	47	11,79
8	147	28	173	48	181	8	98,55	28	100,85	48	98,95	8	12,87	28	12,35	48	12,25
9	140	29	176	49	193	9	96,44	29	99,77	49	99,59	9	12,12	29	12,37	49	11,89
10	135	30	176	50	186	10	97,88	30	100,53	50	93,58	10	12,88	30	12,33	50	10,00
11	195	31	141	51	215	11	99,43	31	99,30	51	87,79	11	12,43	31	11,90	51	11,79
12	148	32	145	52	193	12	98,89	32	98,55	52	92,56	12	12,49	32	12,35	52	12,03
13	200	33	190	53	189	13	99,03	33	99,97	53	87,93	13	12,53	33	12,57	53	12,03
14	163	34	184	54	173	14	97,77	34	100,74	54	94,28	14	12,57	34	12,54	54	11,68
15	150	35	142	55	208	15	96,81	35	99,45	55	89,18	15	12,51	35	12,45	55	11,62
16	250	36	350	56	212	16	97,17	36	97,81	56	90,14	16	12,57	36	12,21	56	11,14
17	147	37	170	57	185	17	98,21	37	102,35	57	97,45	17	12,41	37	12,25	57	11,05
18	172	38	178	58	250	18	97,14	38	98,63	58	98,74	18	12,44	38	12,13	58	12,44
19	151	39	204	59	151	19	97,34	39	99,09	59	98,42	19	12,74	39	11,79	59	11,82
20	181	40	199	60	109	20	95,64	40	96,85	60	98,64	20	11,92	40	12,15	60	11,84
Observaciones:						Observaciones:						Observaciones:					
Observaciones: observations: Mediciones Proceso de FORJA												UBICACIÓN PROBETAS CAJONERA:					
Reportado por: Report by: Carlos Pimiento; Auditor de Calidad																	
Firma aprobación del solicitante, fecha Signature of soliciting, Date: <u>Leonardo Quesada; Coord. de Procesos</u>												Fecha: Date: <u>01/10/2008</u>					
Hoja <u>1</u> de <u>3</u> Sheet <u>1</u> of <u>3</u>																	

NOV 2005 F4-039-1105



REPORTE DE LABORATORIO LABORATORY REPORT

Solicitante
Soliciting: Leonardo Quesada; Coord. de Procesos
Nombre de la parte
Part name: Junta Fija Logan
Fecha del plano o dibujo
B/P Date: 10/12/04
Descripción de la solicitud
Descripción of the solicitude: Estudio preliminar FORJA

Fecha: 16/07/09
Date: 16/07/09
N° de la parte:
Part. N°: F3638007T-1
Cantidad o N° de piezas
N° of PCS: 125
Aprobado **Rechazado** **Aprobación condicional**
Approved **Rejectec** **Cond. Approval:**

TEMPERATURA PUNZÓN						DIST. FONDO CAMPANA A EXT. VÁSTAGO						DISTANCIA FONDO A HOMBRO CAMPANA					
ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA	ITEM	MEDIDA
61	232	81	240	101	215	61	99,36	81	99,15	101	98,15	61	11,71	81	11,45	101	12,43
62	130	82	193	102	233	62	99,10	82	92,28	102	97,31	62	12,40	82	12,58	102	11,59
63	132	83	182	103	289	63	99,56	83	94,81	103	97,46	63	11,86	83	12,41	103	12,66
64	167	84	320	104	198	64	99,85	84	96,65	104	99,18	64	12,05	84	12,35	104	12,02
65	167	85	179	105	222	65	97,75	85	98,53	105	101,12	65	12,35	85	12,43	105	12,20
66	186	86	159	106	207	66	100,09	86	97,64	106	99,27	66	12,46	86	12,44	106	11,79
67	204	87	183	107	227	67	98,10	87	97,71	107	94,32	67	12,80	87	12,41	107	12,49
68	196	88	177	108	228	68	99,47	88	96,02	108	96,84	68	12,47	88	12,42	108	12,80
69	157	89	193	109	211	69	97,43	89	96,90	109	97,44	69	12,03	89	12,40	109	12,39
70	193	90	204	110	211	70	99,65	90	96,00	110	99,55	70	11,95	90	12,40	110	12,49
71	220	91	196	111	190	71	100,91	91	98,91	111	100,99	71	12,31	91	12,11	111	11,67
72	169	92	300	112	209	72	100,13	92	97,73	112	96,43	72	12,33	92	12,23	112	11,61
73	194	93	320	113	208	73	99,57	93	94,40	113	99,55	73	12,37	93	12,40	113	11,61
74	191	94	184	114	254	74	99,36	94	96,88	114	100,17	74	12,36	94	12,38	114	12,21
75	176	95	250	115	115	75	99,06	95	96,73	115	101,55	75	12,06	95	12,43	115	11,78
76	186	96	220	116	226	76	99,89	96	98,71	116	99,94	76	11,89	96	12,51	116	12,64
77	216	97	176	117	272	77	99,76	97	96,63	117	100,08	77	12,26	97	12,03	117	12,37
78	173	98	267	118	159	78	98,18	98	94,59	118	99,07	78	11,88	98	12,39	118	12,68
79	197	99	203	119	162	79	99,39	99	99,74	119	99,99	79	12,19	99	12,24	119	12,55
80	320	100	198	120	297	80	96,94	100	94,27	120	99,72	80	12,14	100	12,67	120	12,60

Observaciones:	Observaciones:	Observaciones:

Observaciones:	UBICACIÓN PROBETAS CAJONERA:
observations: <u>Mediciones Proceso de FORJA</u>	

Reportado por:	Fecha:
Report by: <u>Carlos Pimiento; Auditor de Calidad</u>	Date: <u>01/10/2008</u>

Firma aprovación del solicitante, fecha	Hoja	2	de	3
Signature of soliciting, Date	Sheet		of	

ANEXO G

SISTEMA DE FAMILIAS DE DISTRIBUCIONES DE JOHNSON

G.1 TRANSFORMACIONES Y CONDICIONES PARA CADA FAMILIA

Johnson en el año de 1949 define tres familias de distribuciones para una variable aleatoria X continua a saber:

S_B : Se refiere a X acotada.

S_L : Se refiere a X acotada por debajo o lognormal.

S_U : Se refiere a X no-acotada.

Para ajustar un conjunto de datos no-normales, es necesario establecer criterios que permitan determinar la pertenencia del mismo a una de las tres familias. Cada una de ellas tiene asociada una transformación de X a una variable normal estándar Z , así como condiciones especiales para los parámetros estimados y el rango de la variable X , que deben tenerse en cuenta cuando se va a escoger la familia con la que se quiere trabajar. A continuación se definen cada una de las respectivas transformaciones para este Sistema de Familias de Distribuciones de Johnson.

- Cuando los datos pertenecen a la familia S_B , la transformación aplicada es:

$$Z = \gamma + \eta \ln \left(\frac{X - \epsilon}{\lambda + \epsilon - X} \right)$$

Sujeta a:

Condiciones de los parámetros: $\eta, \lambda > 0$, $-\infty < \gamma < \infty$, $-\infty < \epsilon < \infty$.

Condiciones de la variable X : $X > \epsilon$.

- Cuando los datos pertenecen a la familia S_L la transformación aplicada es:

$$Z = \gamma + \eta \ln(X - \epsilon)$$

Sujeta a:

Condiciones de los parámetros: $\eta > 0$, $-\infty < \gamma < \infty$, $-\infty < \epsilon < \infty$.

Condiciones de la variable X : $X > \epsilon$.

- Cuando los datos pertenecen a la familia S_U la transformación aplicada es:

$$Z = \gamma + \eta \operatorname{senh}^{-1} \left(\frac{X - \epsilon}{\lambda} \right)$$

Sujeta a:

Condiciones de los parámetros: $\eta, \lambda > 0$, $-\infty < \gamma < \infty$, $-\infty < \epsilon < \infty$.

Condiciones de la variable X : $-\infty < X < \infty$.

G.2 SELECCIÓN DE LA FAMILIA A TRAVÉS DEL MÉTODO DE LOS PERCENTILES

Se han propuesto diversos métodos para la estimación de los parámetros para este grupo de familias. El de mayor aceptación ha sido el método de los percentiles, ya que las formulas de estimación producidas por el mismo, son simples y explícitas.

En 1964 Johnson propone un método de estimación para los parámetros de estas familias basado en el cálculo de cuatro percentiles. Sin embargo, la selección de estos cuatro percentiles puede ser arbitraria. Autores como Bukac (1972), Bowman & Shenton (1988, 1989) citados en Chou, Polansky & Mason (1998) sugieren escoger 4 desviaciones normales estándar, $-sz$, $-z$, z , zs donde $s \geq 1$ y z son constantes positivas arbitrarias.

Sea X una variable aleatoria la cual sigue una distribución miembro de alguna de las familias de Johnson (S_U, S_B, S_L). Sean q_1, q_2, q_3, q_4 , áreas bajo la curva normal estándar de $-sz, -z, z, zs$ respectivamente, por lo tanto

$$q_1 = \phi(-sz), q_2 = \phi(-z), q_3 = \phi(z), q_4 = \phi(sz),$$

donde $\phi(\cdot)$ es la función de distribución de una variable aleatoria normal estándar.

Sea x_i el qi -ésimo cuantil de la distribución de X . Se define la razón de cuantiles QR como:

$$QR = \frac{(X_4 - X_3)(X_2 - X_1)}{(X_3 - X_2)^2}$$

Haciendo uso de esta razón de cuantiles se presenta el siguiente criterio para escoger entre la distribución S_B o S_U , Chou, Polansky, Mason (1998):

- Para una distribución S_B , $QR < \frac{(s-1)^2}{4}$, si $1 < s \leq 3$
- Para una distribución S_U , $QR > \frac{(s-1)^2}{4}$, si $s \geq 3$

Sobre este concepto se desarrollaron las estimaciones de los parámetros para cada una de las familias del Sistema de Familias de Distribuciones de Johnson.

En este caso se utilizan los percentiles maestres en lugar de los poblacionales. Como ya se había mencionado, la elección de s es arbitraria, sin embargo para algún $s > 1$ a excepción de $s = 3$ la anterior regla no permite distinguir entre las tres familias, por lo tanto si se desea distinguir las se sugiere escoger $s = 3$. Cuando esto sucede el criterio de Bowman y Shenton se reduce al criterio de Slifker y Shapiro (1980), mostrando que QR es un cociente que discrimina entre las tres familias como sigue:

- Si X tiene distribución S_B , entonces $QR < 1$.
- Si X tiene distribución S_L , entonces $QR = 1$.
- Si X tiene distribución S_U , entonces $QR > 1$.

En SPC, cuando se tiene un conjunto de datos del cual se desconoce la distribución, la cantidad QR es también desconocida, por lo tanto el criterio anterior no se puede aplicar directamente, pero para una muestra es posible estimar QR por el correspondiente estimador de la razón de cuantiles denotado como \widehat{QR} y definido de la siguiente forma:

$$\widehat{QR} = \frac{(\hat{x}_4 - \hat{x}_3)(\hat{x}_2 - \hat{x}_1)}{(\hat{x}_3 - \hat{x}_2)^2}$$

donde \hat{x}_i es el qi -ésimo cuantil muestral de una muestra de tamaño n . Usualmente \hat{x}_i es la j -ésima observación ordenada, donde $j = [nq_i] + 1$ o $j = [(n + 1)q_i]$, y $[.]$ representa la función mayor entero menor que el argumento.

Slifker & Shapiro (1980) sugieren el uso de $j = nqi + 0.5$, e interpolan cuando j no es entero. Note que la función \widehat{QR} es una función determinada por las estadísticas de orden. Como \hat{x}_i depende de z , el valor \widehat{QR} es una función que depende de z y n , entonces el criterio de Slifker y Shapiro puede ser usado reemplazando QR por su estimador \widehat{QR} , y de esta manera se puede llegar a escoger la familia de distribuciones adecuada para ajustar los datos. En 1989 un estudio de simulación realizado por Shayib muestra que cuando se conoce la distribución de los datos, el criterio de Slifker y Shapiro es válido para todos los cambios de z . En el caso muestral la variabilidad de los cuantiles muestrales evidencia que el criterio no discrimina entre las familias sin tener un error. Esto sugiere que para asegurar un buen ajuste para la muestra, se debe buscar el valor de z que proporcione el mejor ajuste a las distribuciones de Johnson y por tanto la mejor transformación de los datos, Chou, Polansky & Mason (1998).

G.3 DETERMINACIÓN DEL MEJOR AJUSTE

Existen diferentes pruebas que permiten determinar si un conjunto de datos sigue determinada distribución, ellas son llamadas pruebas de bondad de ajuste. Para el caso del Sistema de Familias de Distribuciones de Johnson la estadística utilizada por Chou, Polansky & Mason (1998) para probar normalidad es la de Shapiro Wilk (W), Conover (1980).

La selección de una familia específica de Johnson depende de la elección de z . El valor óptimo para z está definido como el valor que maximice W . El método utilizado para encontrar la z óptimo se conoce como “grid-search”. Este procedimiento requiere la especificación de un posible rango de valores óptimos de z . Aplicando este método, Chou, Polansky & Mason (1998) determinaron mediante estudios de simulación un posible rango de valores óptimos entre 0;25 y 1;25 con incremento de 0;01 es decir $S = \{z: z = 0.25, 0.26, 0.27; \dots; 1.25\}$, abarcando 101 valores para z . Este estudio sugirió no usar valores por fuera de este rango ya que producen $p - value$ menores a 0;05, indicando un pobre ajuste. En la práctica se tiene un conjunto de datos x_1, x_2, \dots, x_n que provienen de una distribución desconocida. Los pasos que se deben seguir para lograr el mejor ajuste son:

- Calcular W y su correspondiente $p - value$ para los datos, con el fin de determinar si son normales o no. Si la normalidad es aceptada no se requiere transformación alguna. De lo contrario se sigue con el paso 2.
- Para cada z en $S = \{z : z = 0;25; 0;26; 0;27; \dots; 1;25\}$ se calcula \widehat{QR} . Si $\widehat{QR} < 1$, se pueden ajustar las familia S_L o S_B , en otro caso S_L o S_U . Para poder realizar el ajuste se deben estimar los parámetros de acuerdo a la familia escogida y realizar la transformación.
- Si los datos se ajustan a alguna de las familias S_U, S_L o S_B , se verifican las condiciones sobre los parámetros y el rango de la variable X . Si alguna de estas

condiciones no se cumple, entonces la familia ajustada bajo ese valor z no es adecuada.

- Para cada z en S y su correspondiente familia ajustada se calcula W y su correspondiente p – *value*.
- El mejor ajuste está asociado a la transformación con el valor W más alto. Bajo esta familia los datos transformados son aproximadamente normales estándar, permitiendo la aplicación de las técnicas SPC tradicionales, Chou, Polansky & Mason (1998).

G.4 ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS

- **Estimación de parámetros de la familia S_U de Johnson**

Sean: $m = (x_4 - x_3)$, $n = (x_2 - x_1)$, y $p = (x_3 - x_2)$. La razón de cuantiles se define como:

$$QR = \frac{mn}{p^2}$$

Los parámetros que se deben estimar para esta familia dependen del QR en términos de m/p y n/p y son según la transformación η , γ , λ y ϵ . Por lo tanto los parámetros están dados por Slifker & Shapiro (1980):

$$\eta = \frac{2z}{\cosh^{-1} \left(\frac{1}{2} \left(\frac{m}{p} + \frac{n}{p} \right) \right)}$$

donde $\eta > 0$.

$$\gamma = \eta \sinh^{-1} \left(\frac{\left(\frac{n}{p} - \frac{m}{p}\right)}{2 \left(\frac{mp}{p^2} - 1\right)^{1/2}} \right)$$

$$\lambda = \frac{2p \left(\frac{mn}{p^2} - 1\right)^{1/2}}{\left(\frac{m}{p} + \frac{n}{p} - 2\right) \left(\frac{m}{p} + \frac{n}{p} + 2\right)^{1/2}}$$

con $\lambda > 0$. Finalmente

$$\epsilon = \frac{(x_z + x_{-z})}{2} + \frac{p \left(\frac{n}{p} - \frac{m}{p}\right)}{2 \left(\frac{m}{p} + \frac{n}{p} - 2\right)}$$

- **Estimación de parámetros de la familia S_B de Johnson**

Los parámetros que se deben estimar para esta familia dependen del QR en términos de p/m y p/n y son según la transformación η, γ, λ y ϵ . Por lo tanto los parámetros están dados por Slifker & Shapiro (1980):

$$\eta = \frac{z}{\cosh^{-1} \left(\frac{1}{2} \left[\left(1 + \frac{p}{m}\right) \left(1 + \frac{p}{n}\right) \right]^{1/2} \right)} \quad n > 0,$$

$$\lambda = \frac{p \left(\left(\left(1 + \frac{p}{m}\right) \left(1 + \frac{p}{n}\right) - 2 \right)^2 - 4 \right)^{1/2}}{\left(\frac{p^2}{mn} - 1\right)}$$

con $\lambda > 0$. Finalmente

$$\epsilon = \frac{(x_z + x_{-z})}{2} - \frac{\lambda}{2} + \frac{p \left(\frac{p}{n} - \frac{p}{m} \right)}{2 \left(\frac{p^2}{mn} - 1 \right)}.$$

- **Estimación de parámetros de la familia S_L de Johnson**

Los parámetros que se deben estimar para esta familia dependen del QR en términos de p , n y m son según la transformación η , γ , λ y ϵ . Por lo tanto los parámetros están dados por Slifker & Shapiro (1980):

$$\eta = \frac{2z}{\ln \left(\frac{m}{p} \right)}$$

donde $\eta > 0$

$$\gamma = \eta \ln \left[\frac{\frac{m}{p} - 1}{p \left(\frac{m}{p} \right)^{1/2}} \right]$$

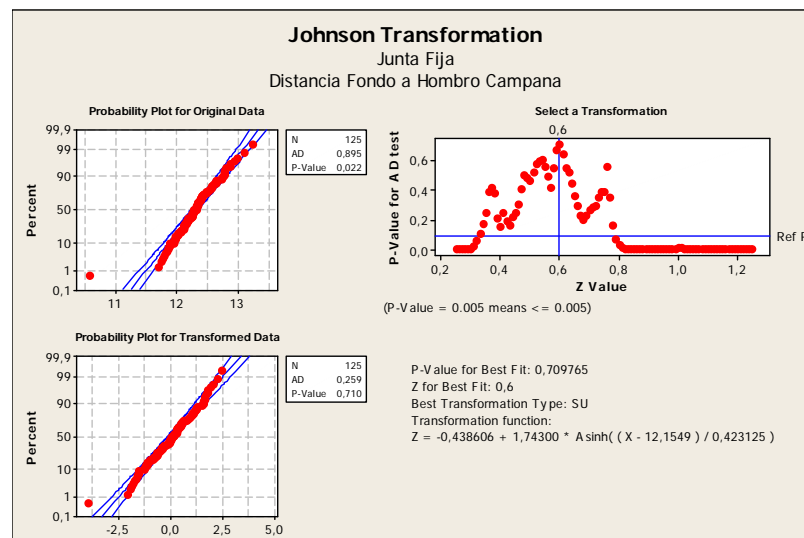
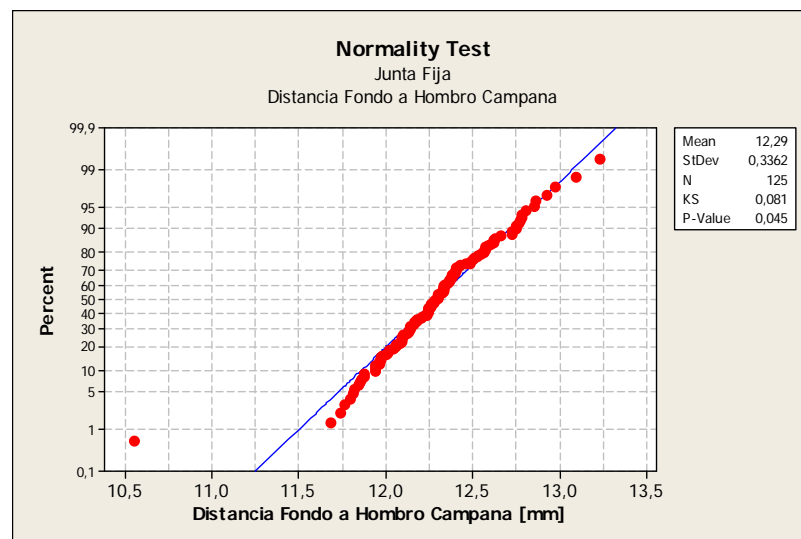
$$\epsilon = \frac{(x_z + x_{-z})}{2} - \frac{p \left(\frac{m}{p} + 1 \right)}{2 \left(\frac{m}{p} - 1 \right)}$$

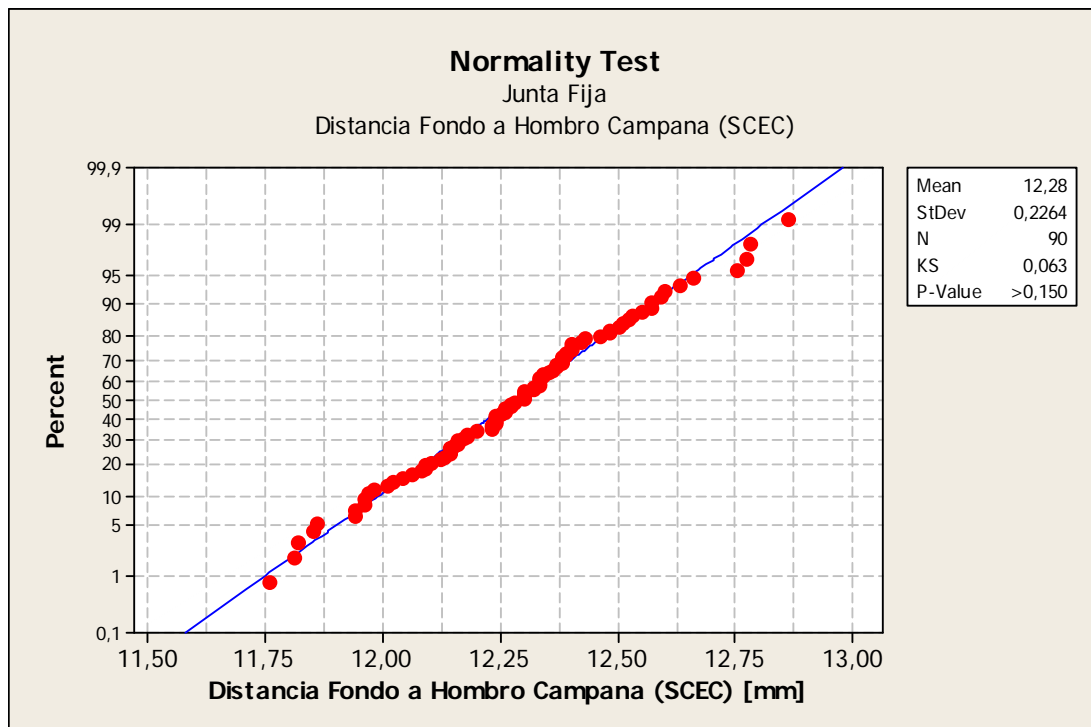
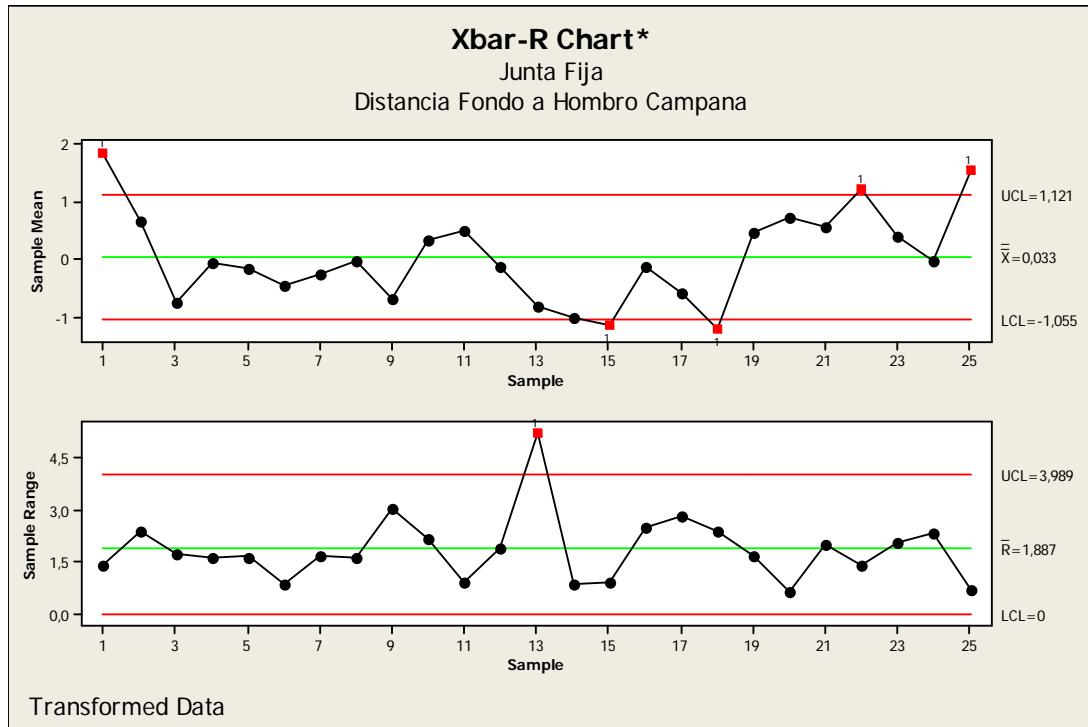
ANEXO H

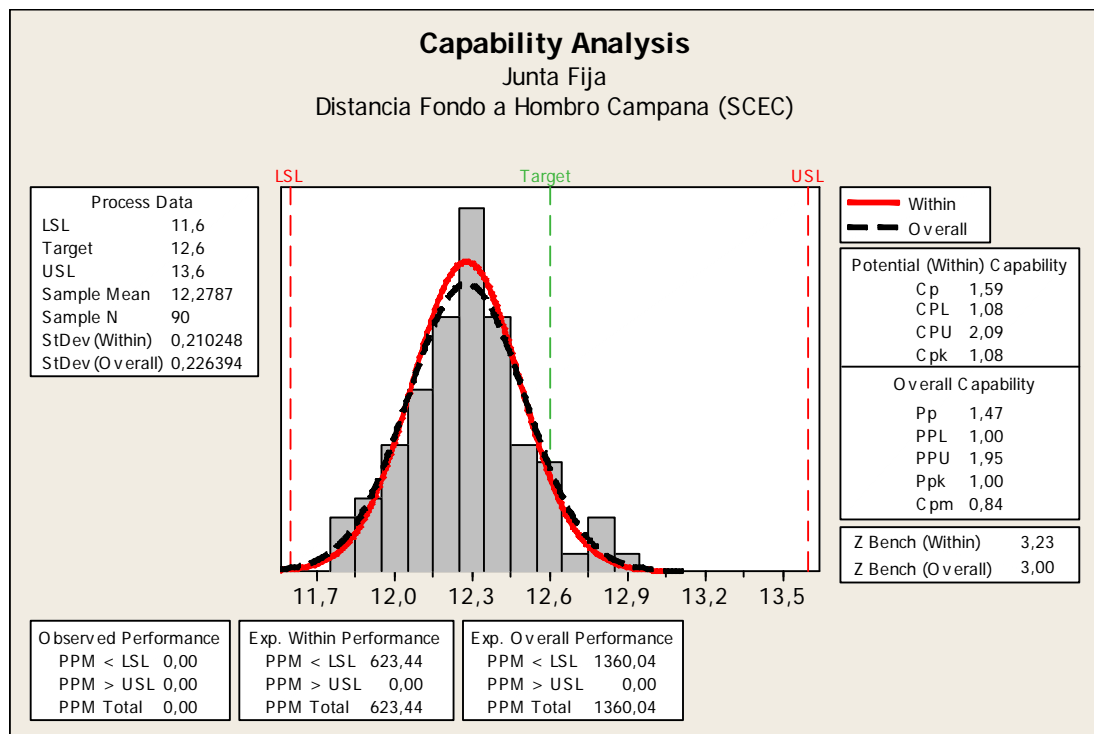
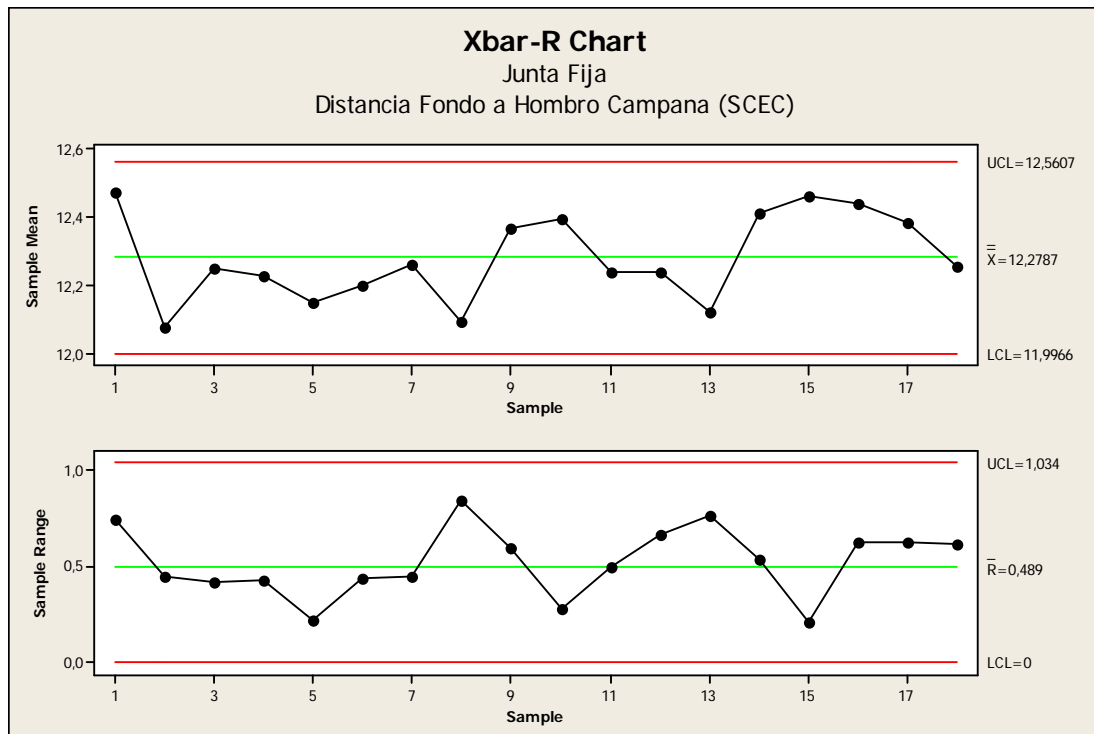
GRÁFICOS DEL ANÁLISIS DE RESULTADOS

H.1 GRÁFICOS DEL ANÁLISIS DE RESULTADOS JUNTA FIJA

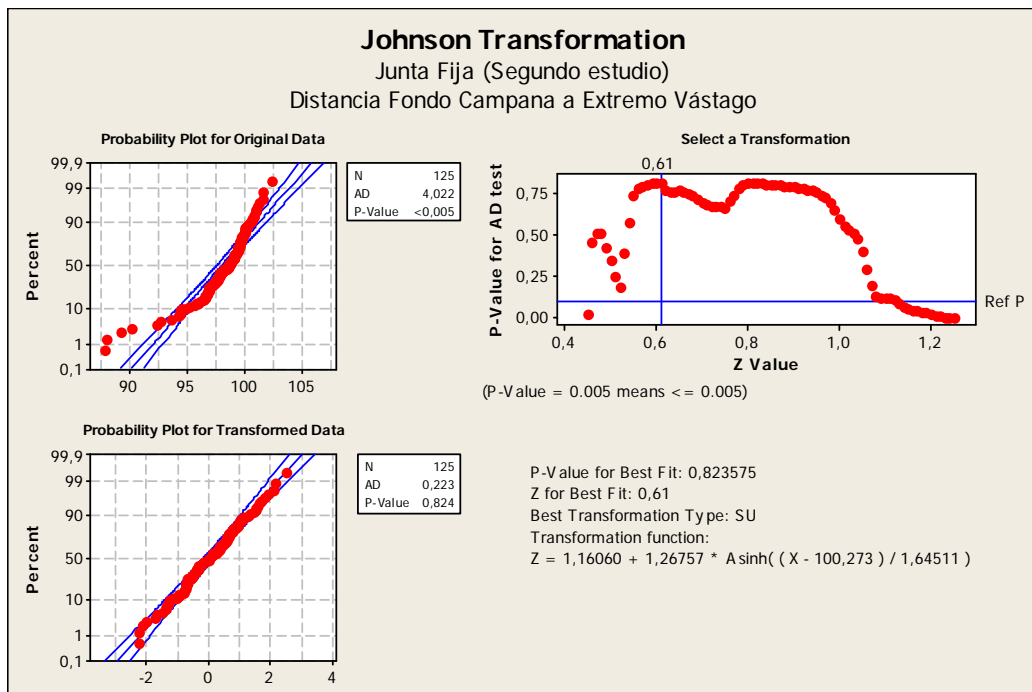
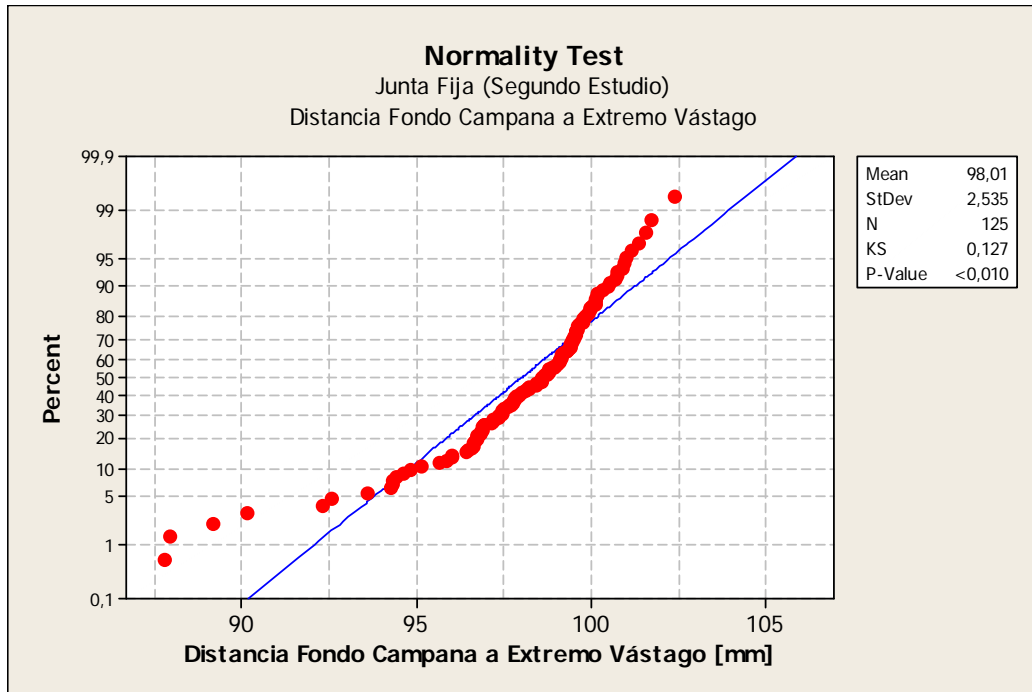
- Distancia fondo a hombro campana (Primer Estudio)

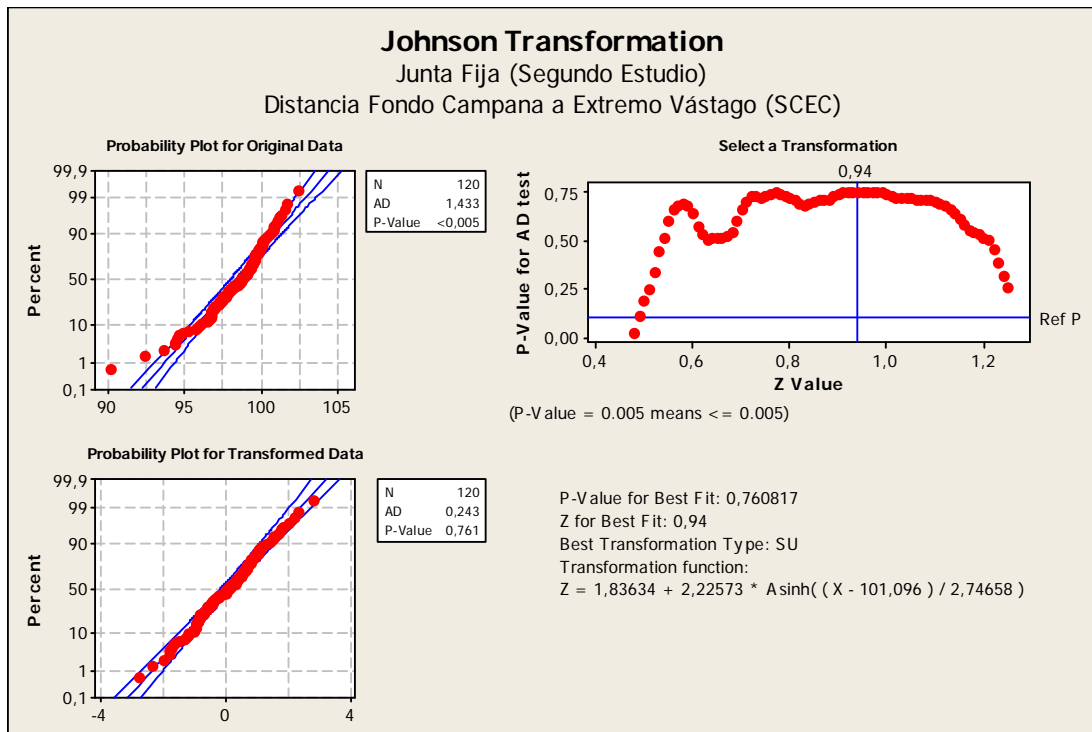
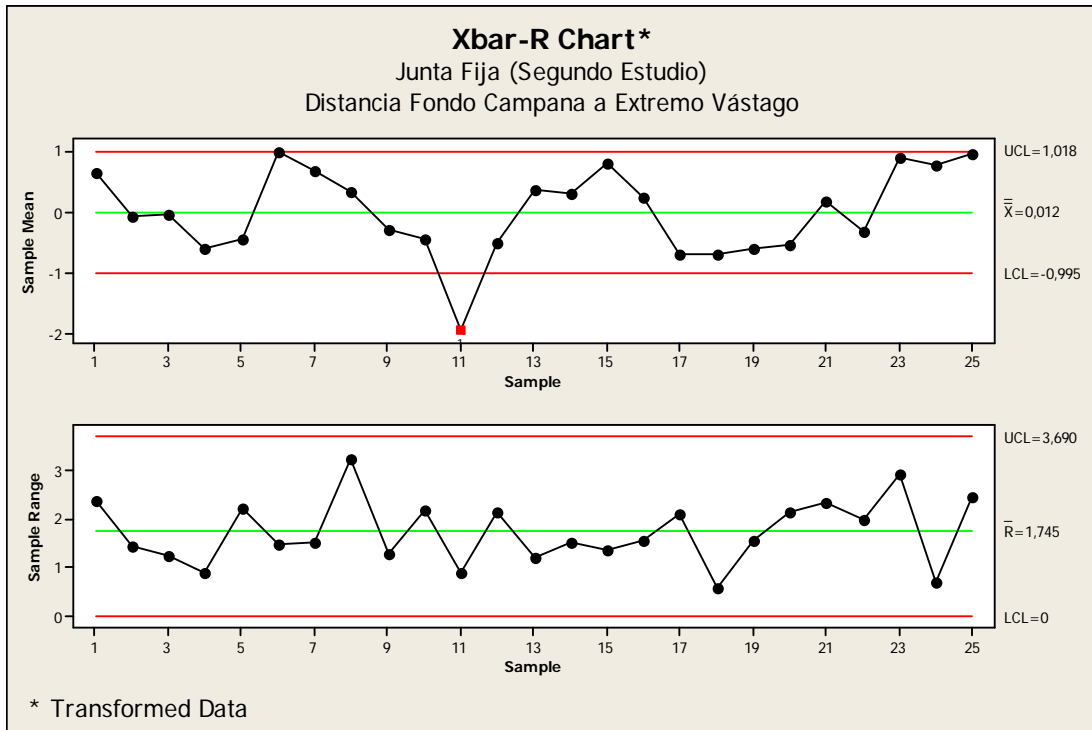


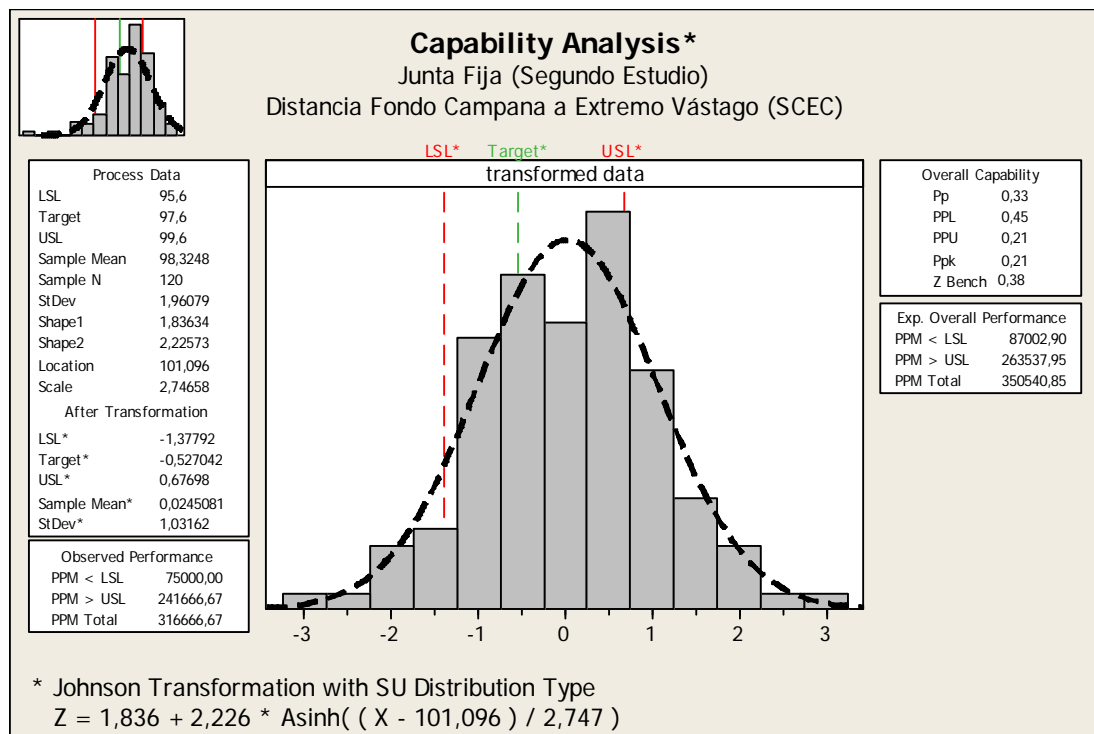
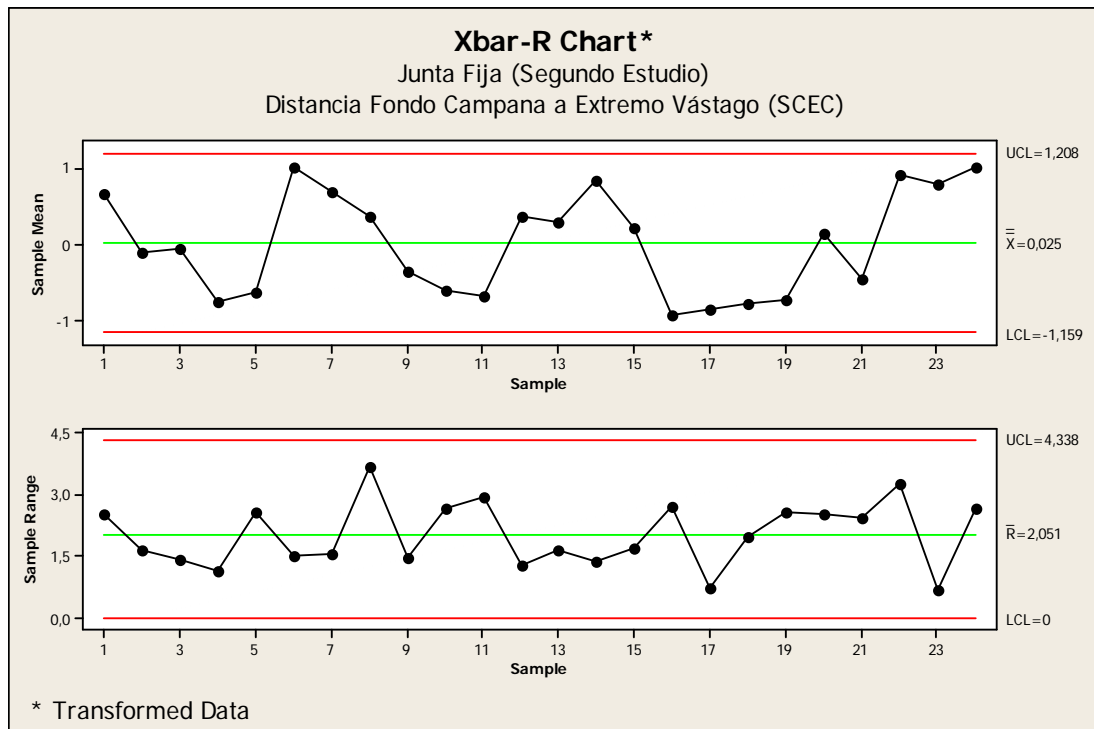




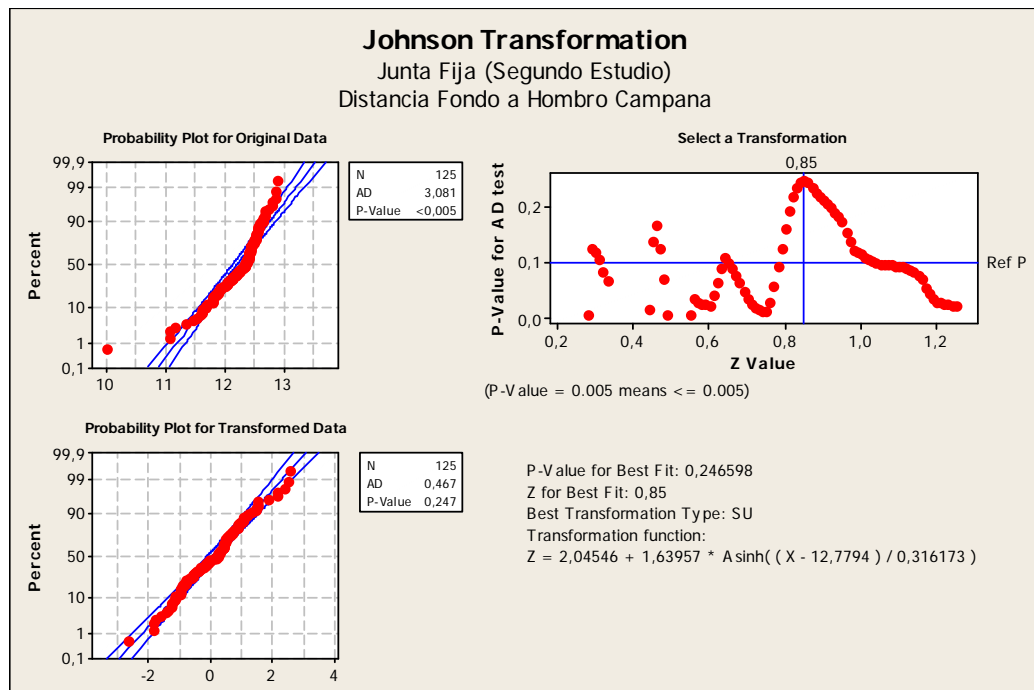
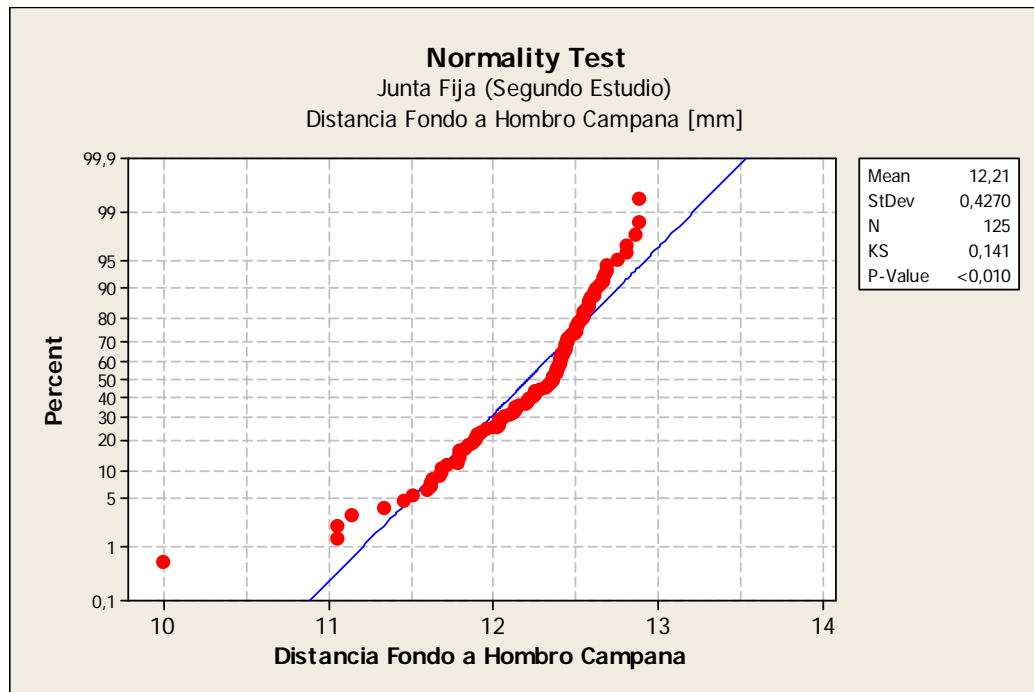
- Distancia Fondo Campana a Extremo Vástago (Segundo Estudio)

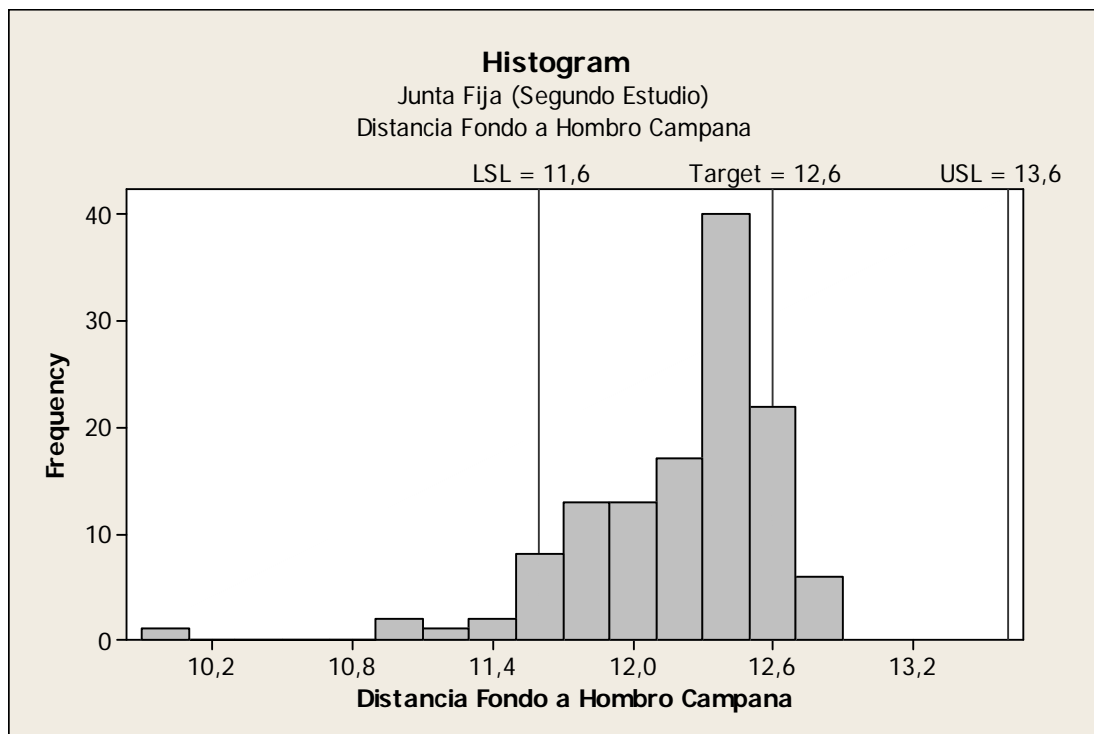
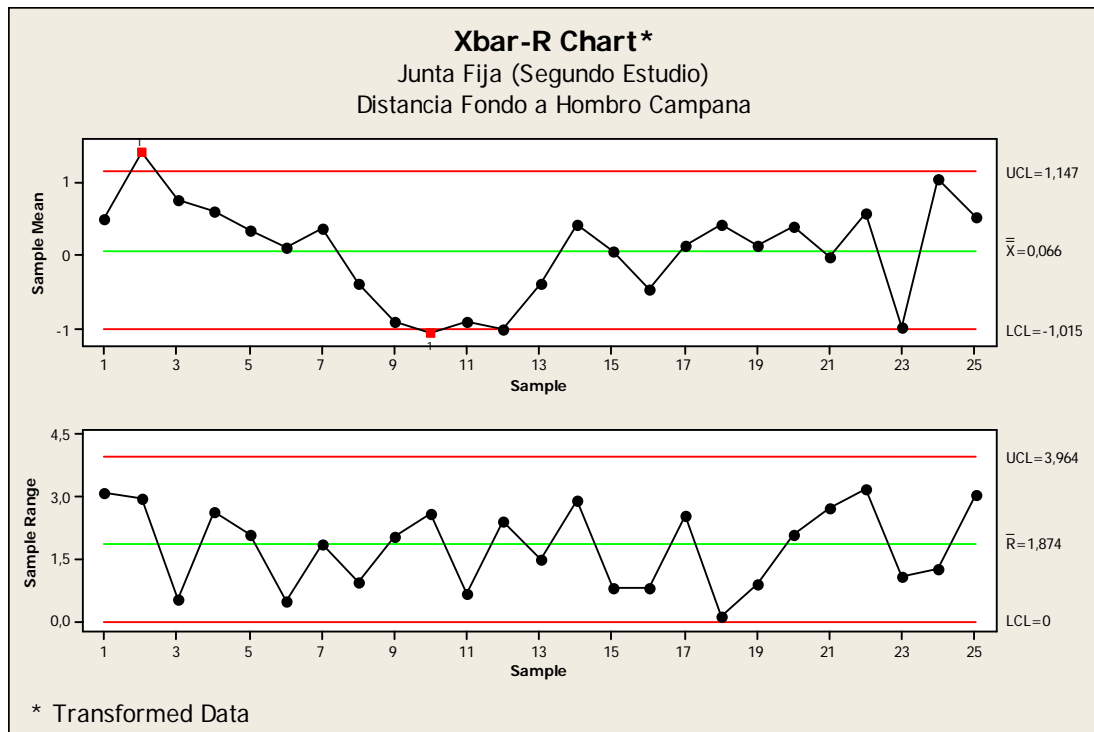






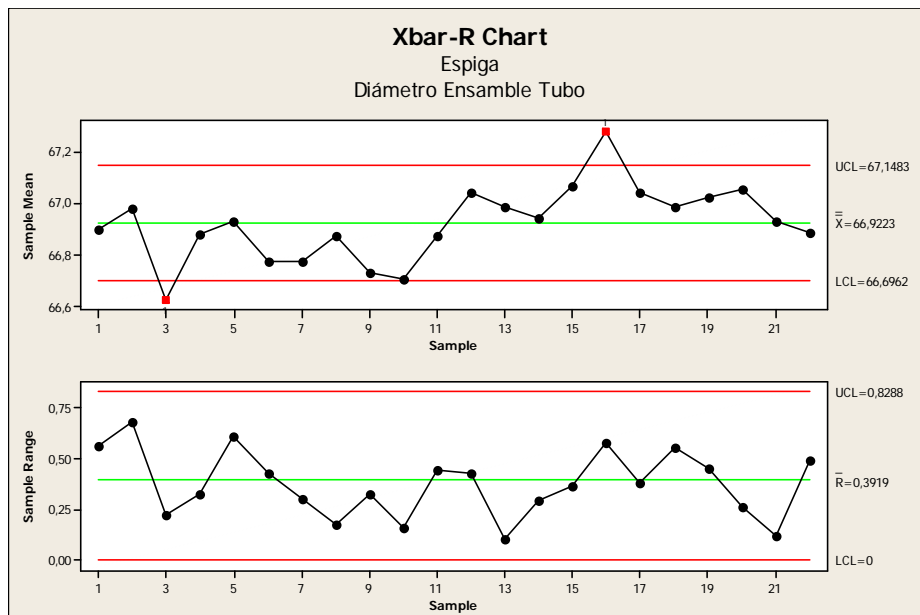
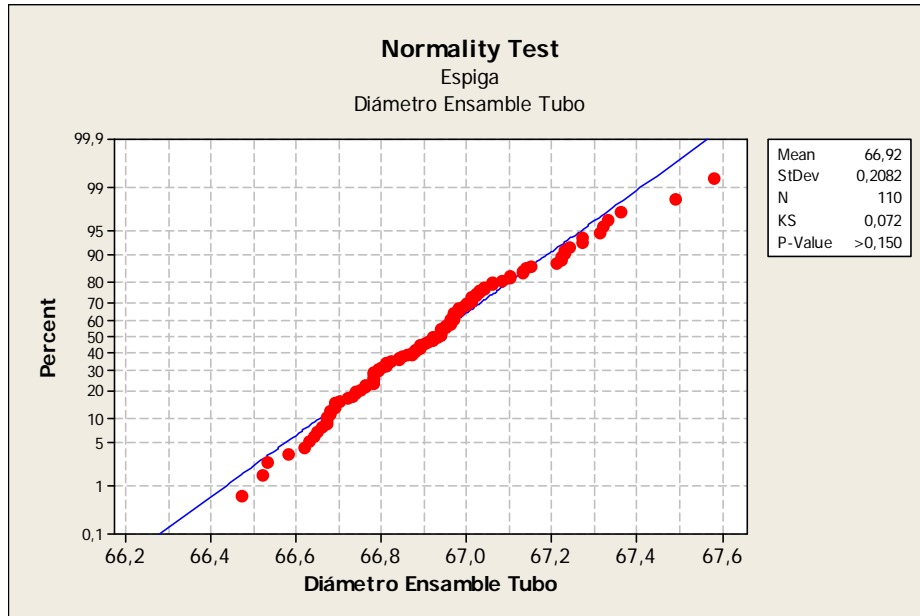
- Distancia Fondo a Hombro Campana (Segundo Estudio)

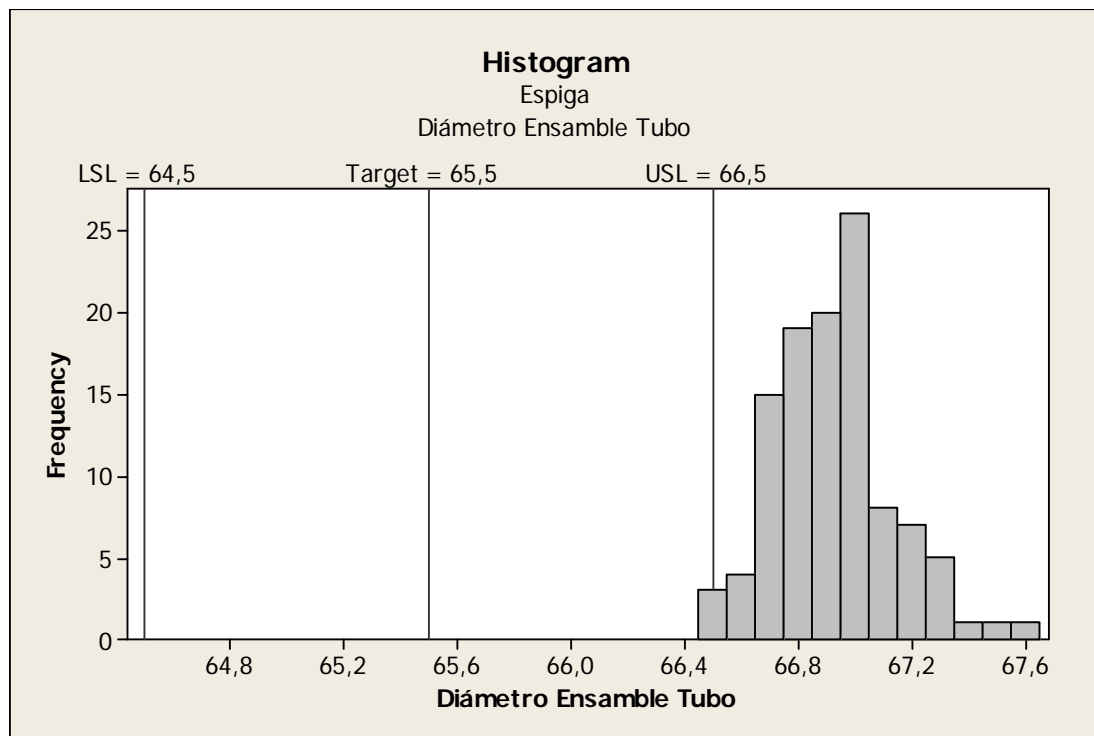
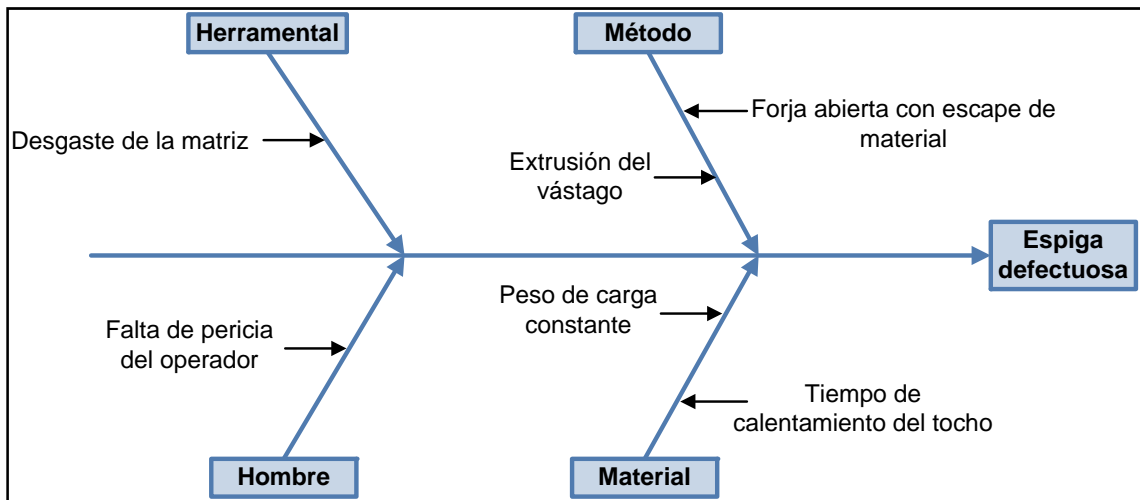




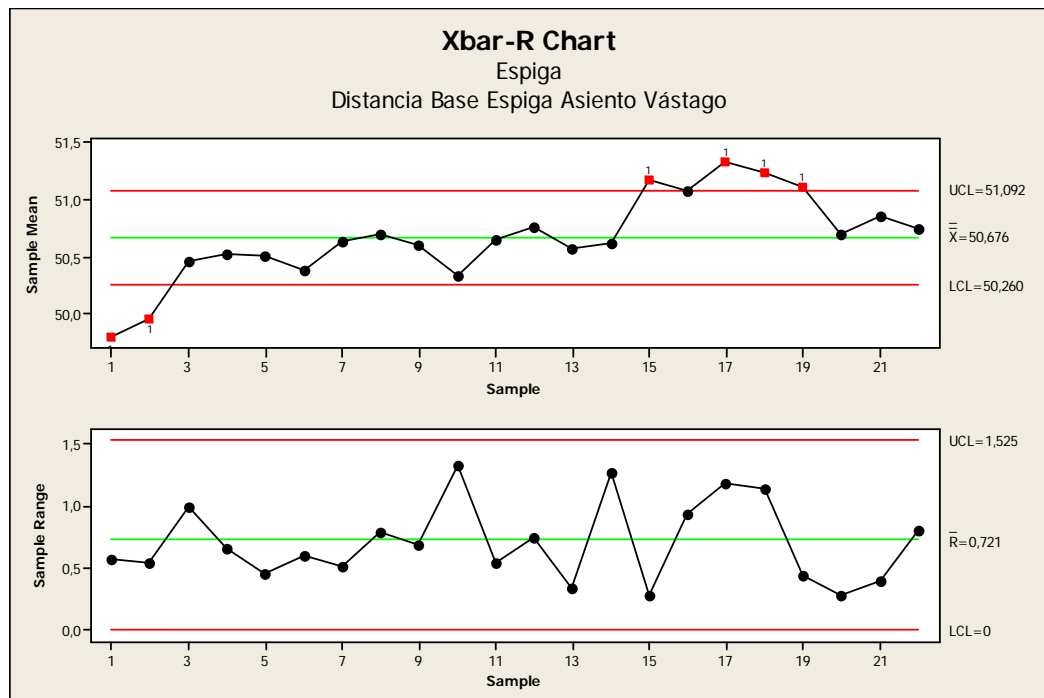
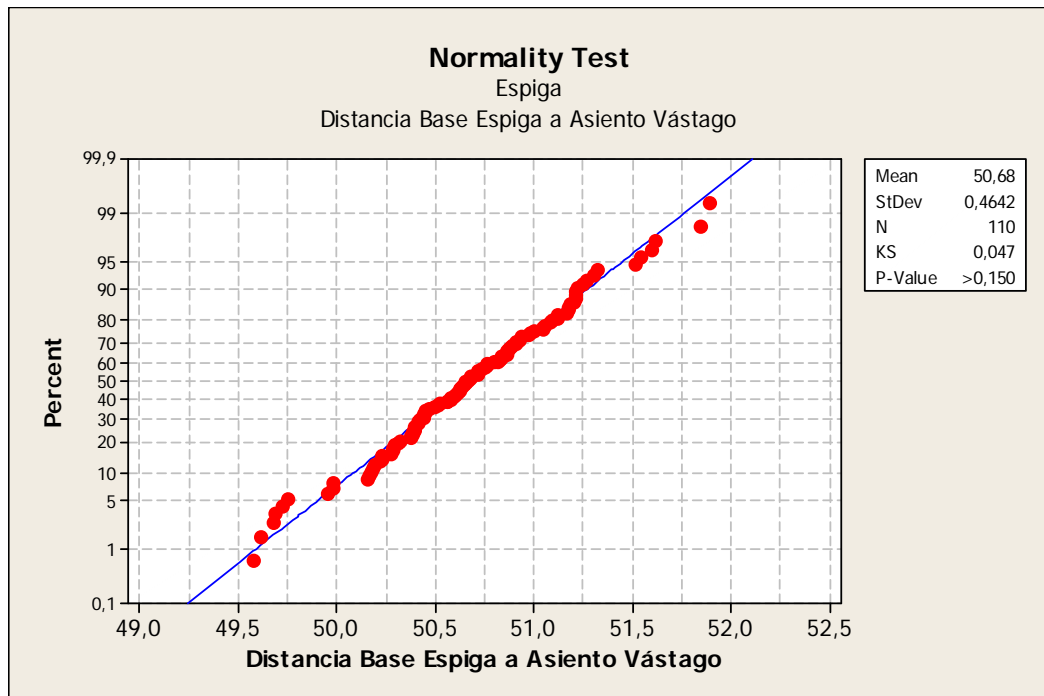
H.2 GRÁFICOS DEL ANÁLISIS DE RESULTADOS ESPIGA

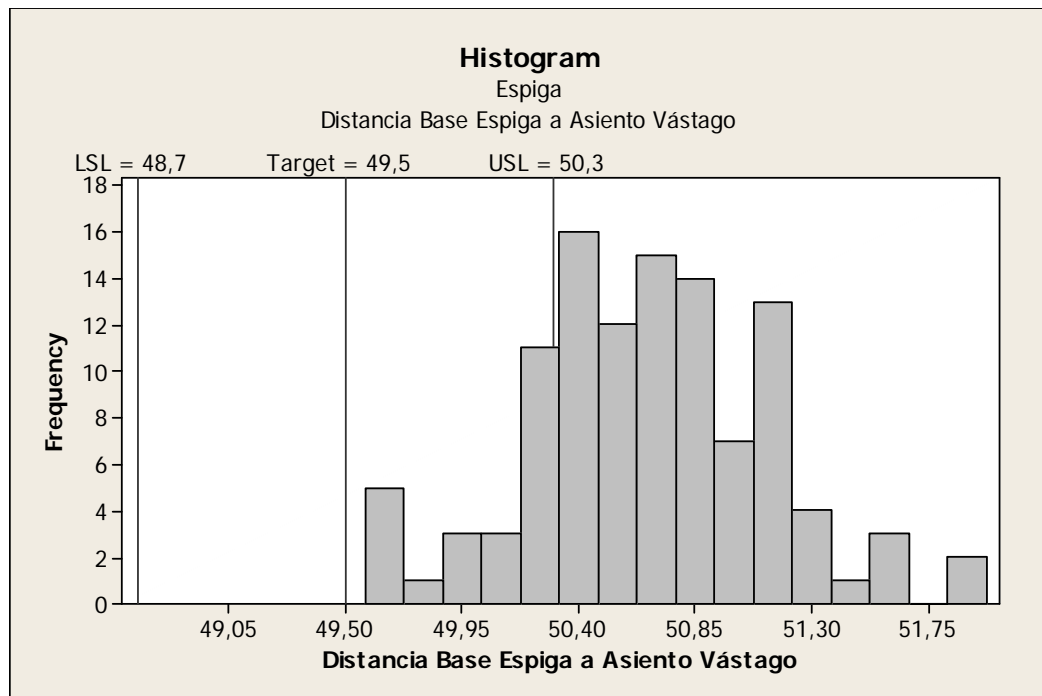
- Diámetro ensamble tubo



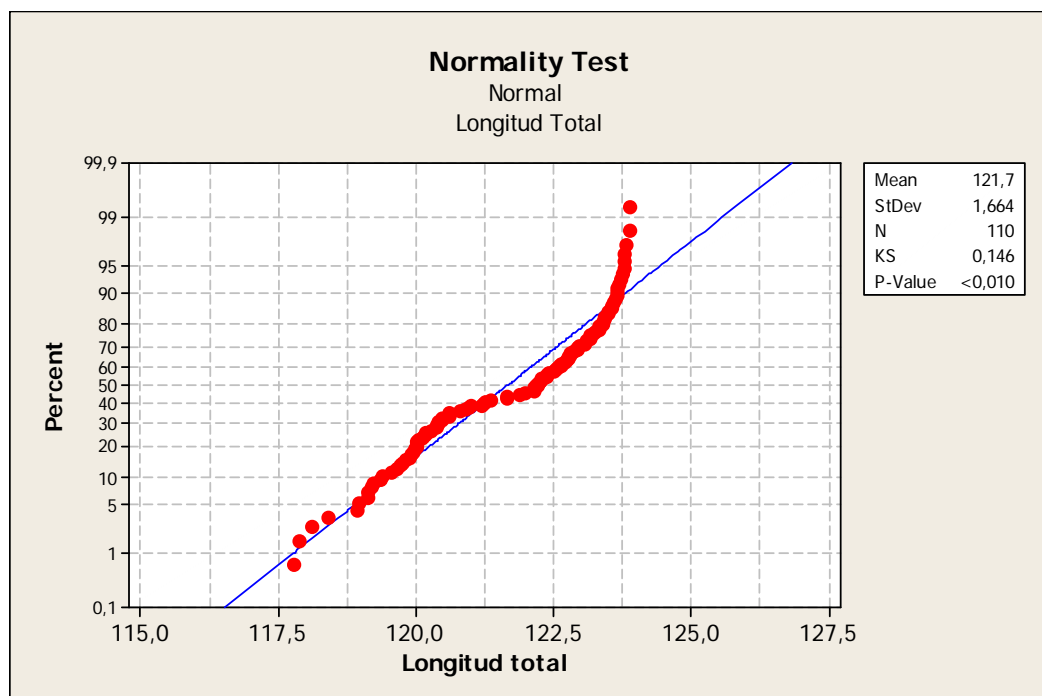


- Distancia Base Espiga a asiento Vástago



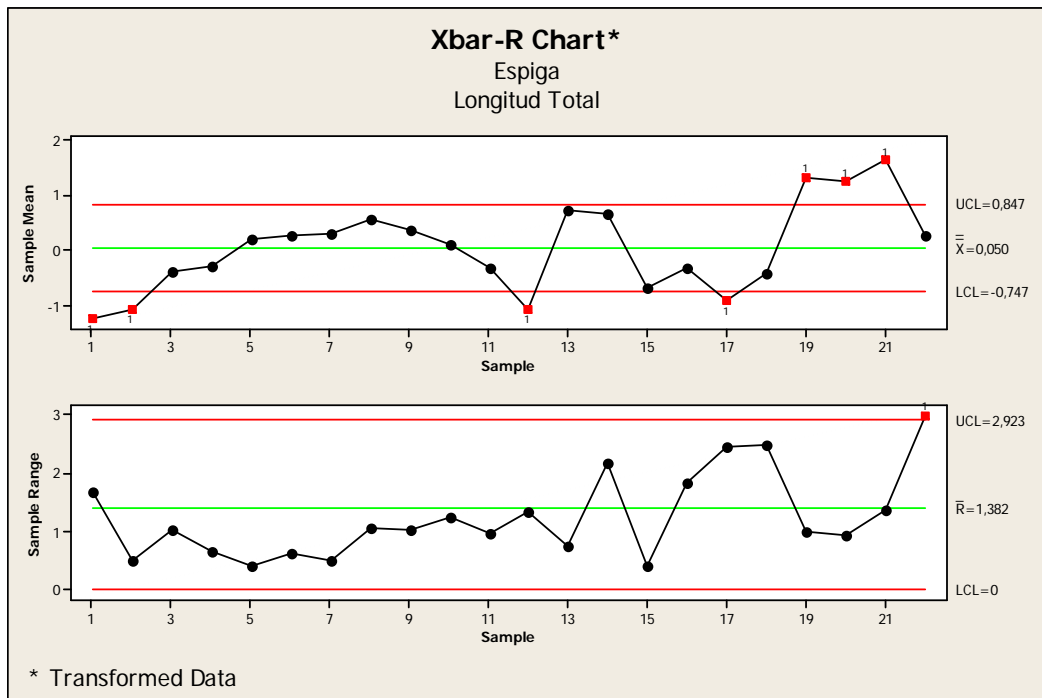
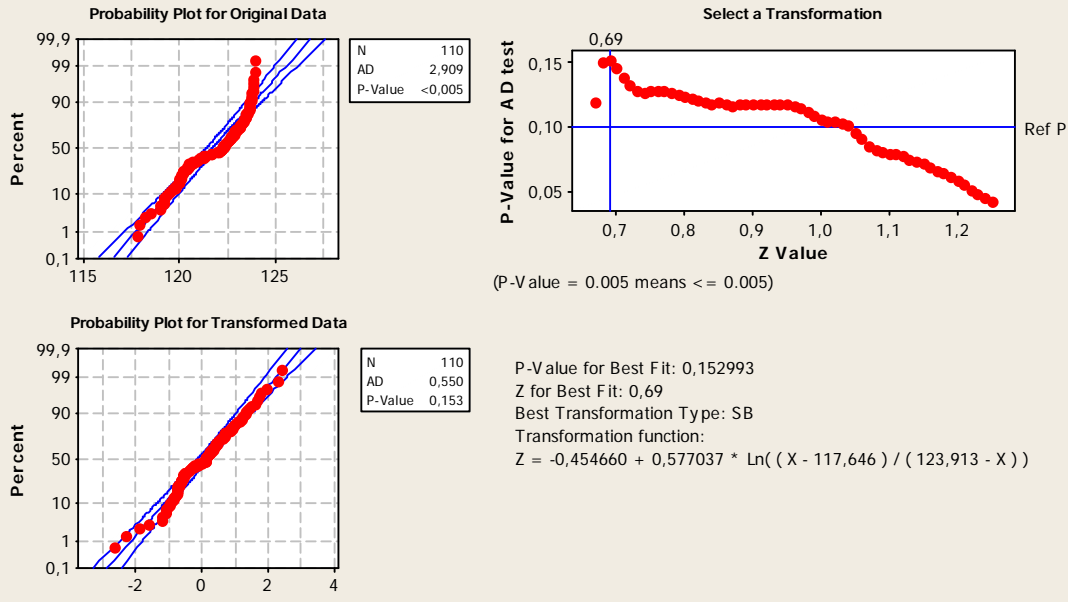


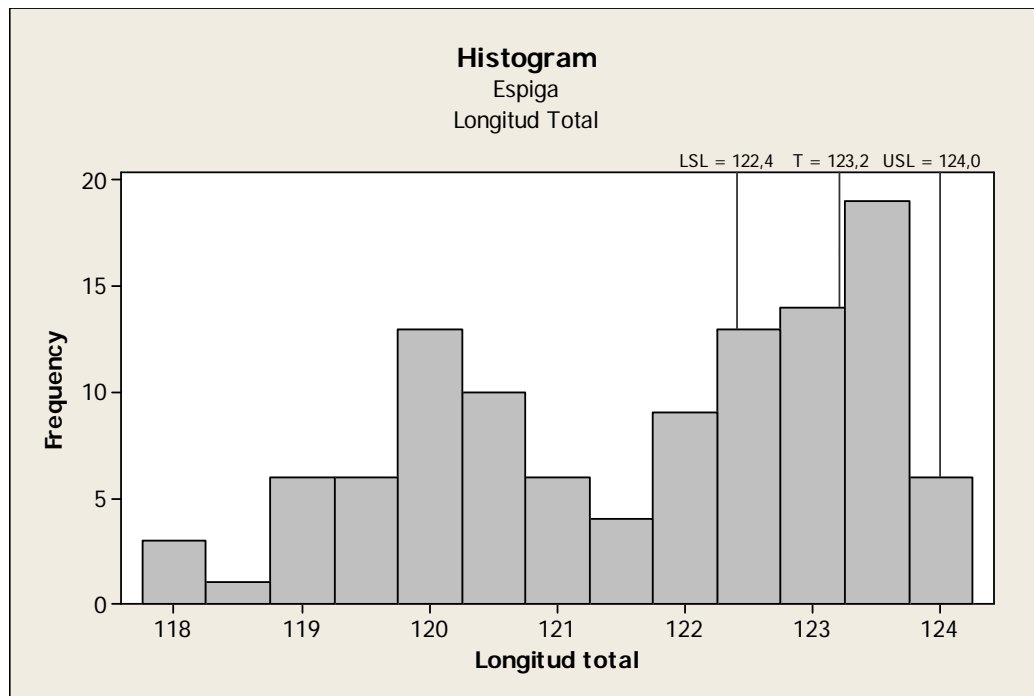
- Longitud Total



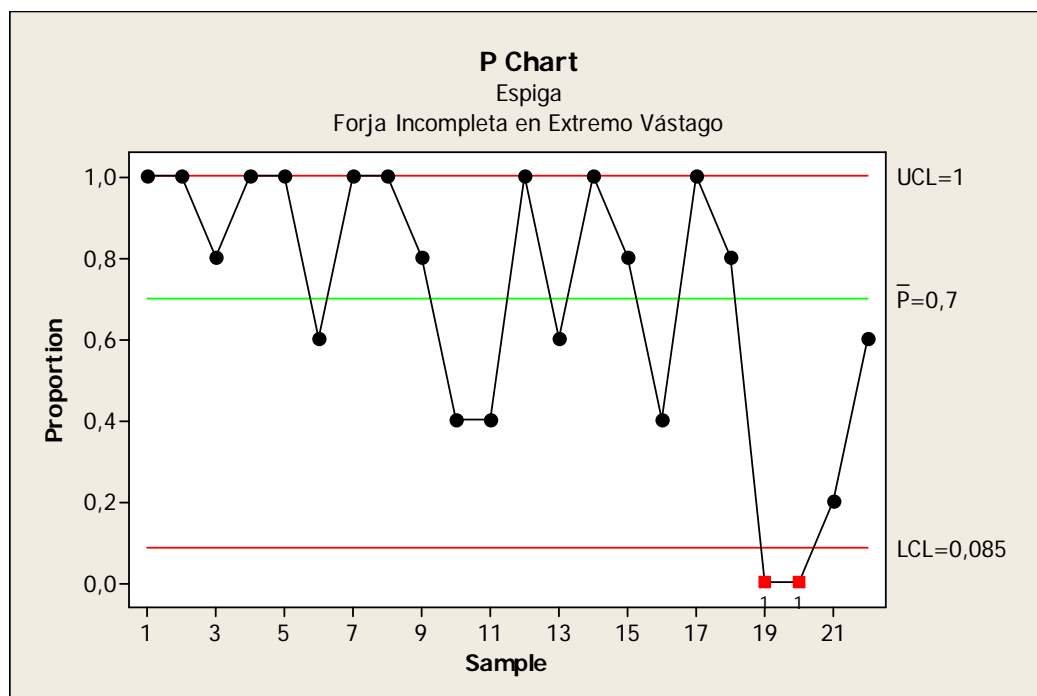
Johnson Transformation

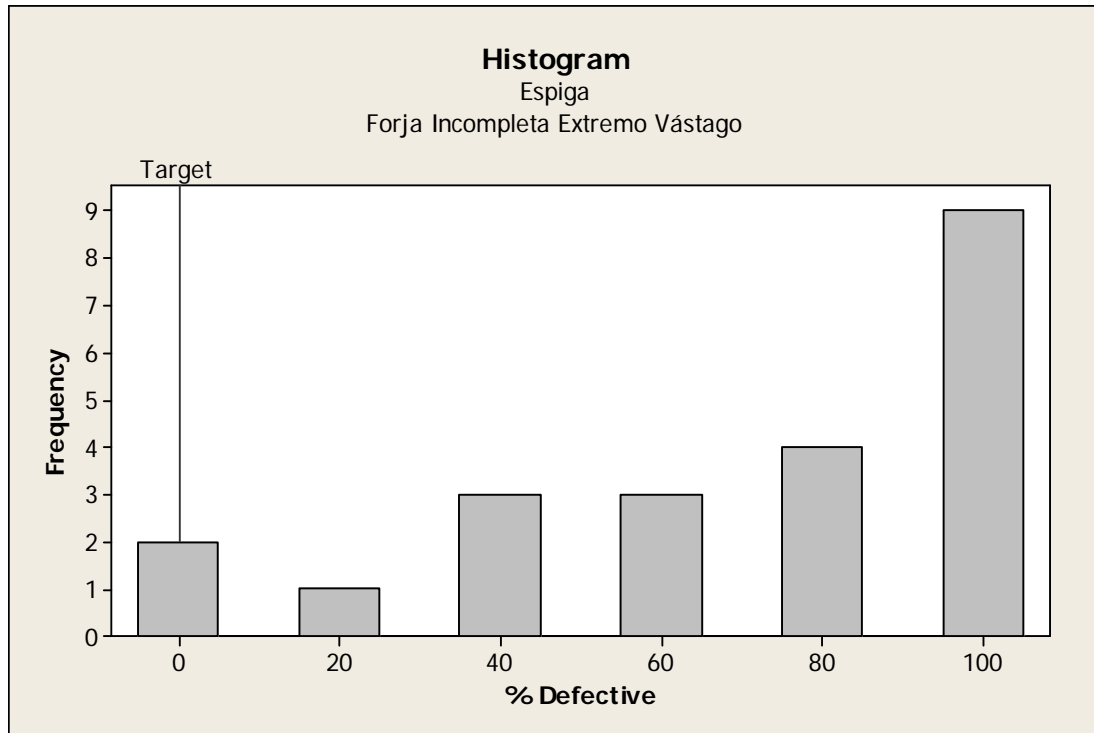
Espiga
Longitud total





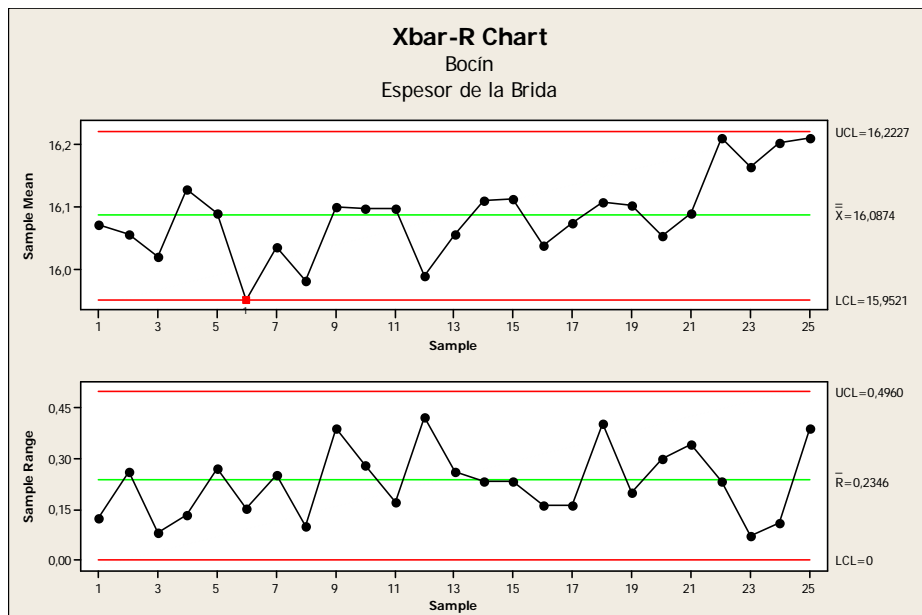
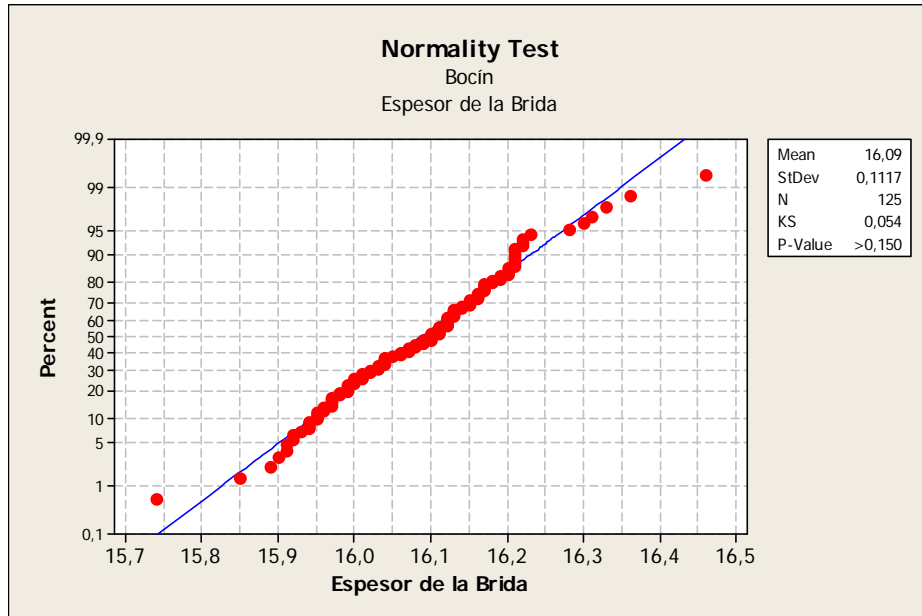
- Forja Incompleta en Extremo Vástago

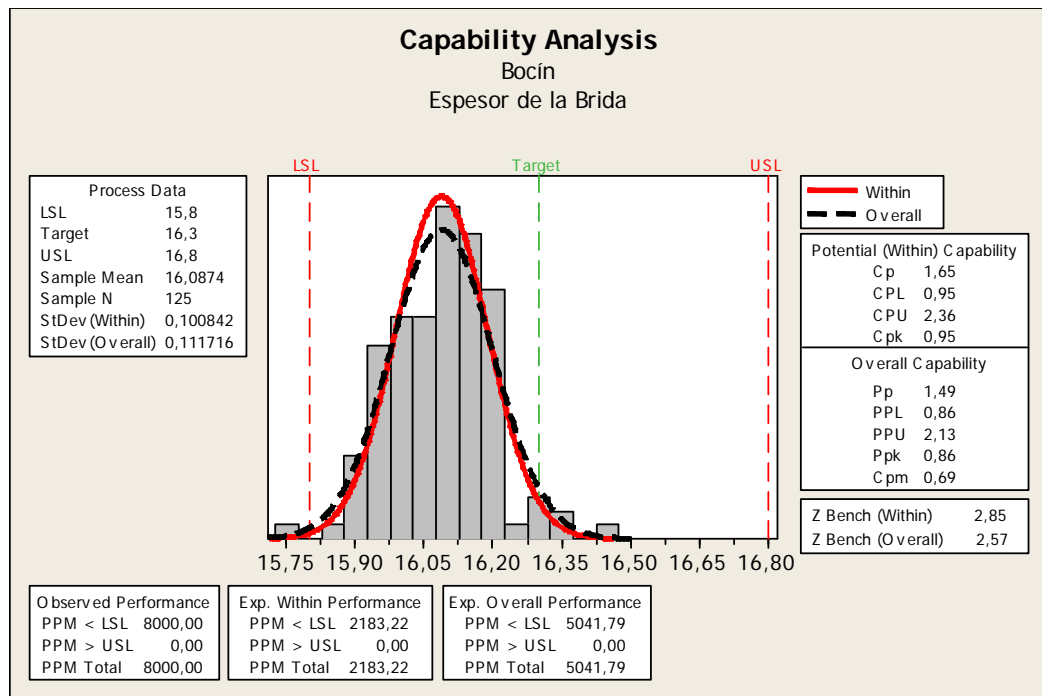




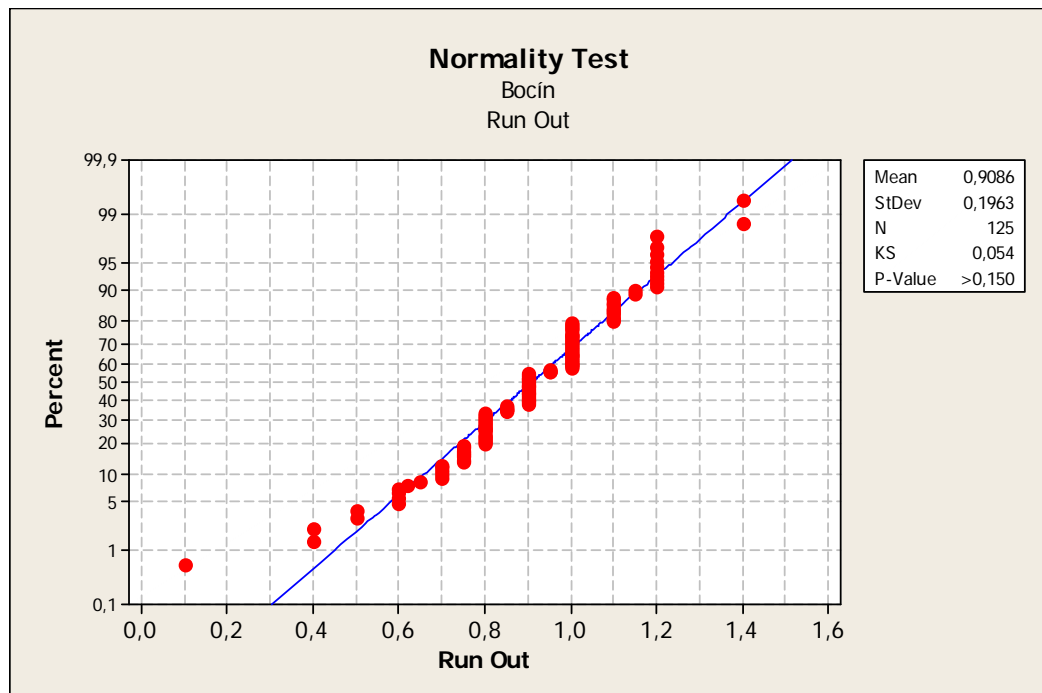
H.3 GRÁFICOS DEL ANÁLISIS DE RESULTADOS BOCÍN

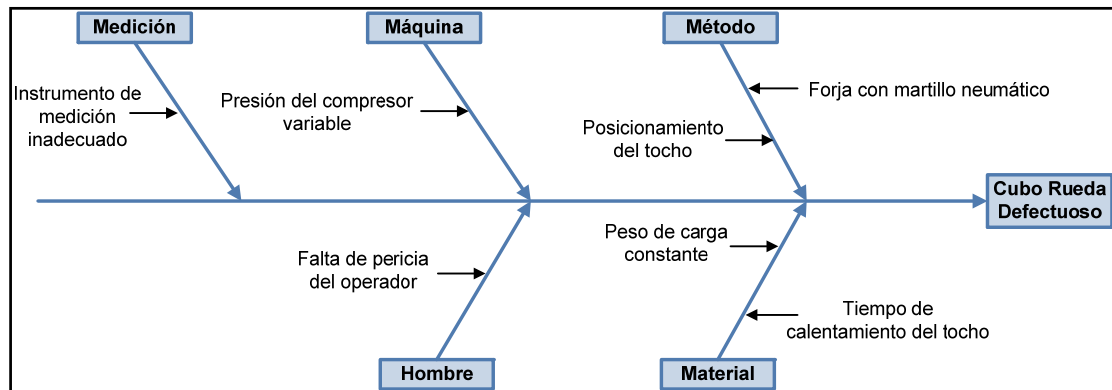
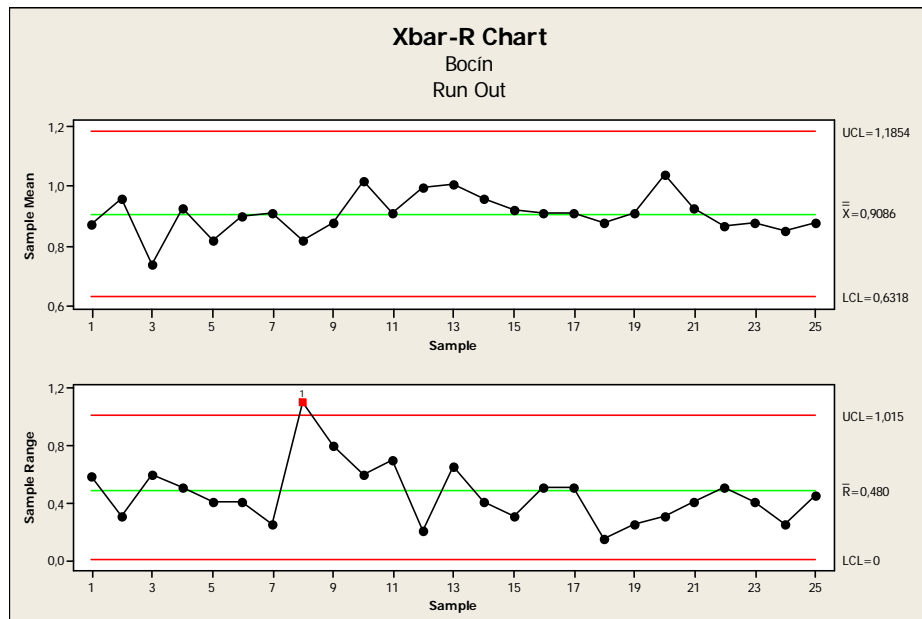
- **Espesor de la Brida**

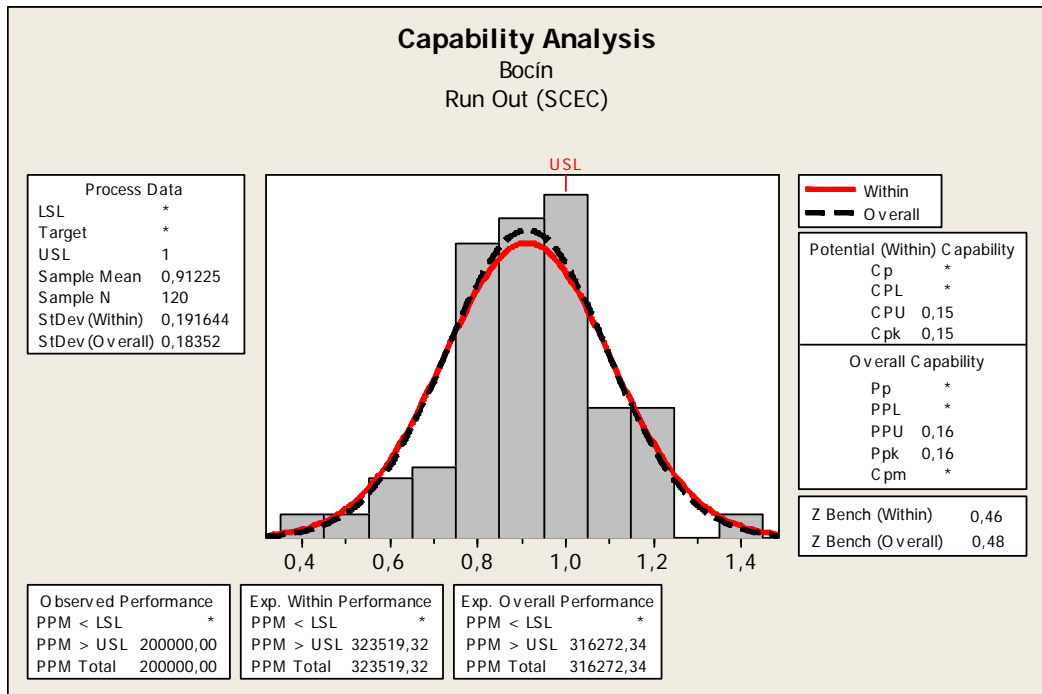
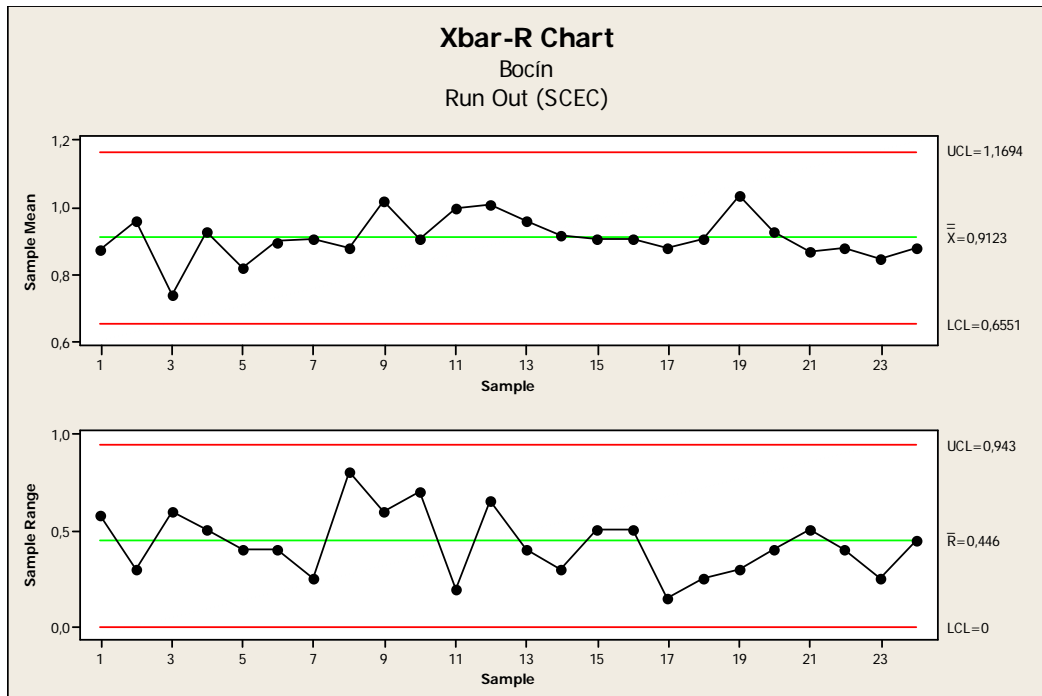




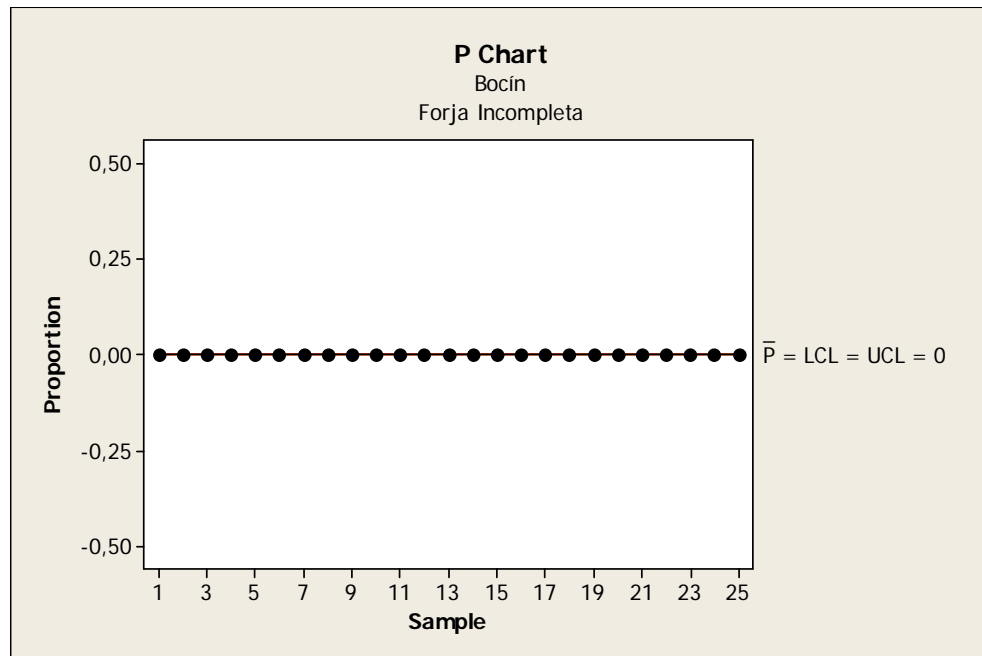
- Run Out A-B



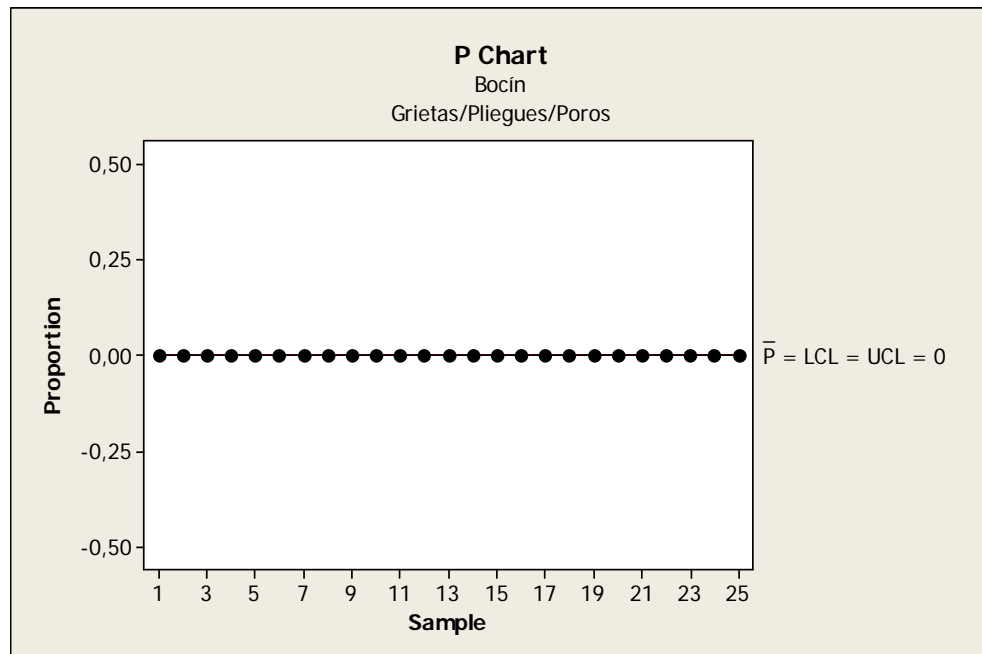




- Forja Incompleta

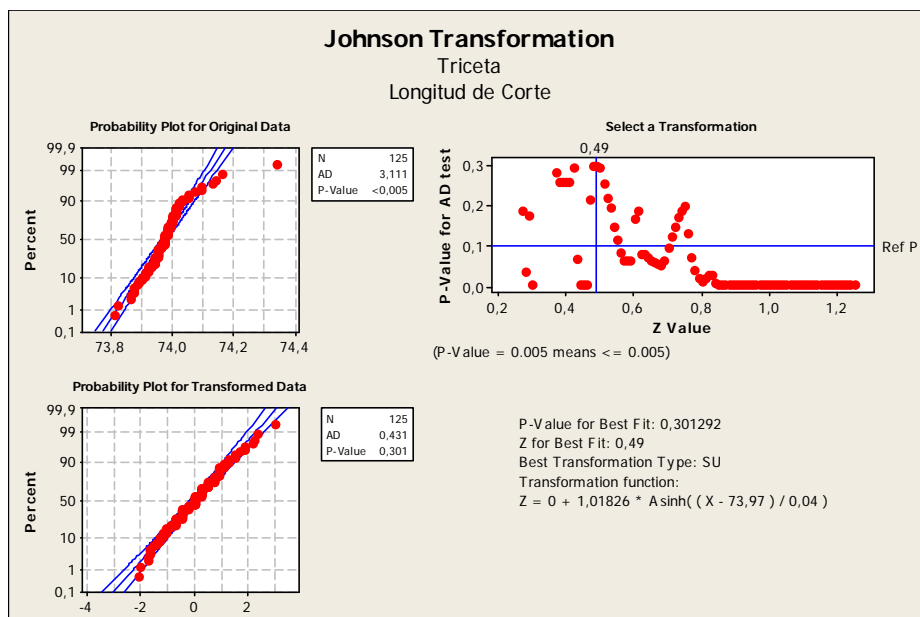
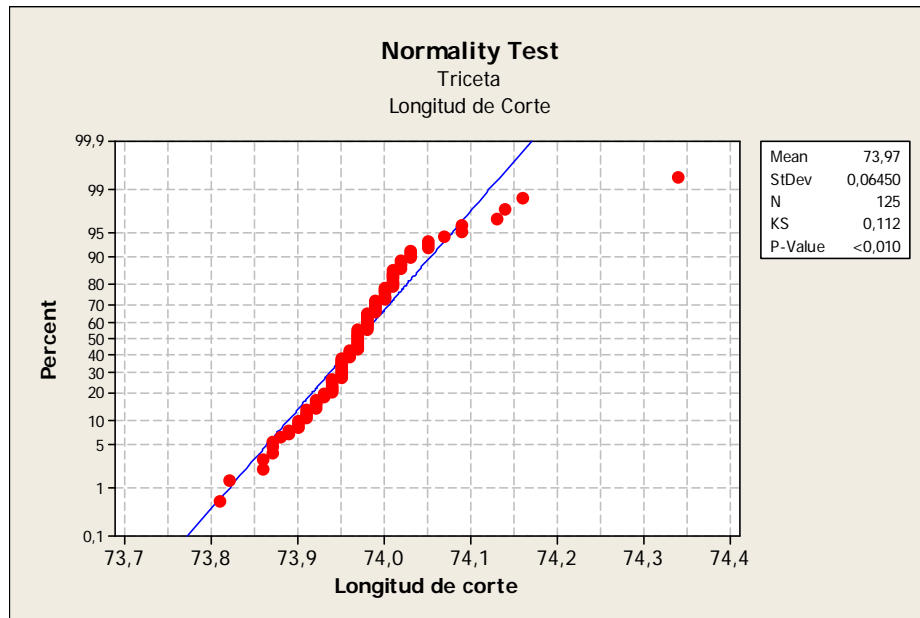


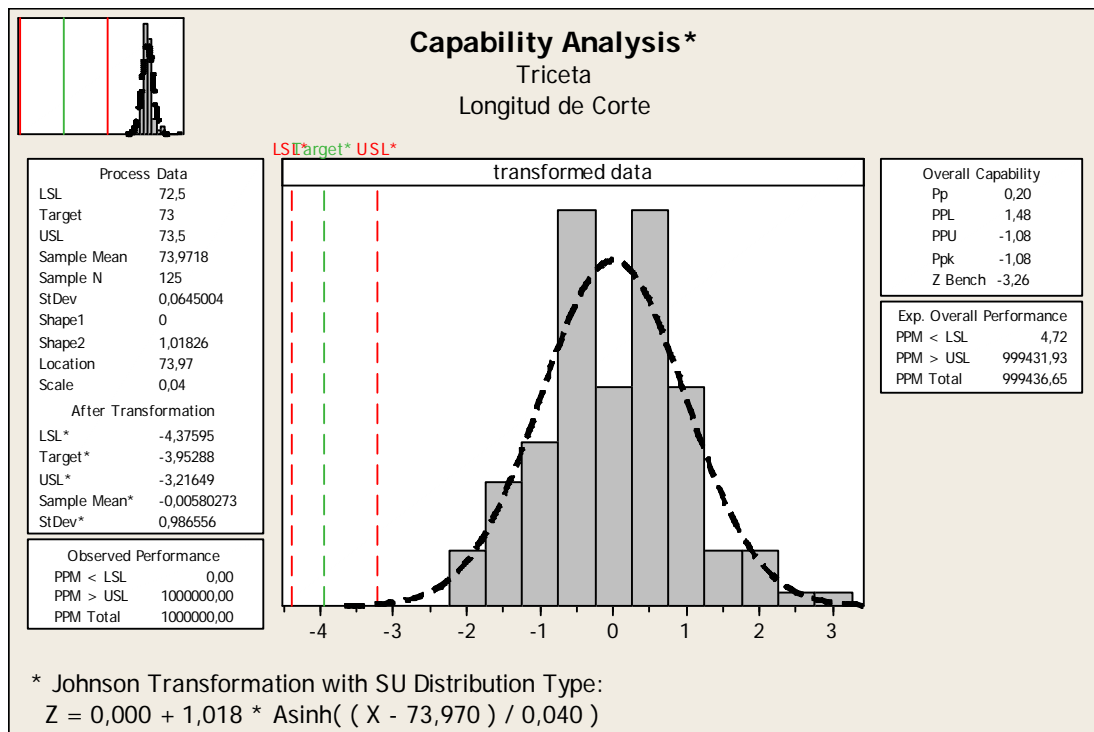
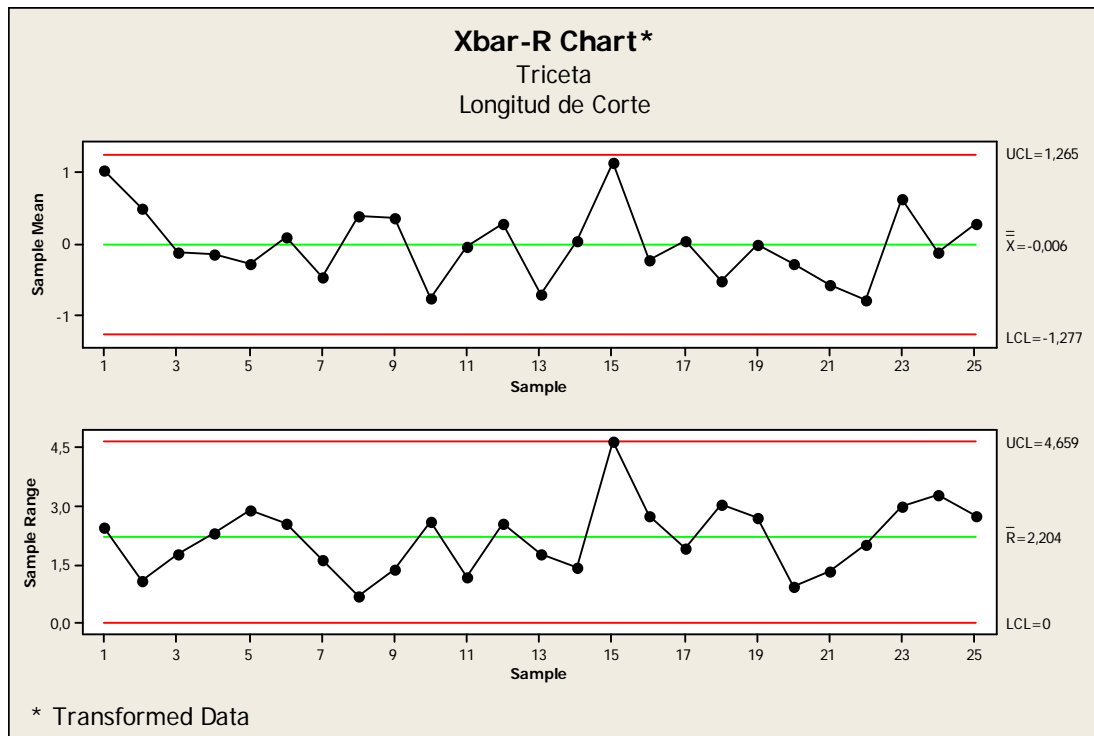
- Grietas/Piegues/Poros



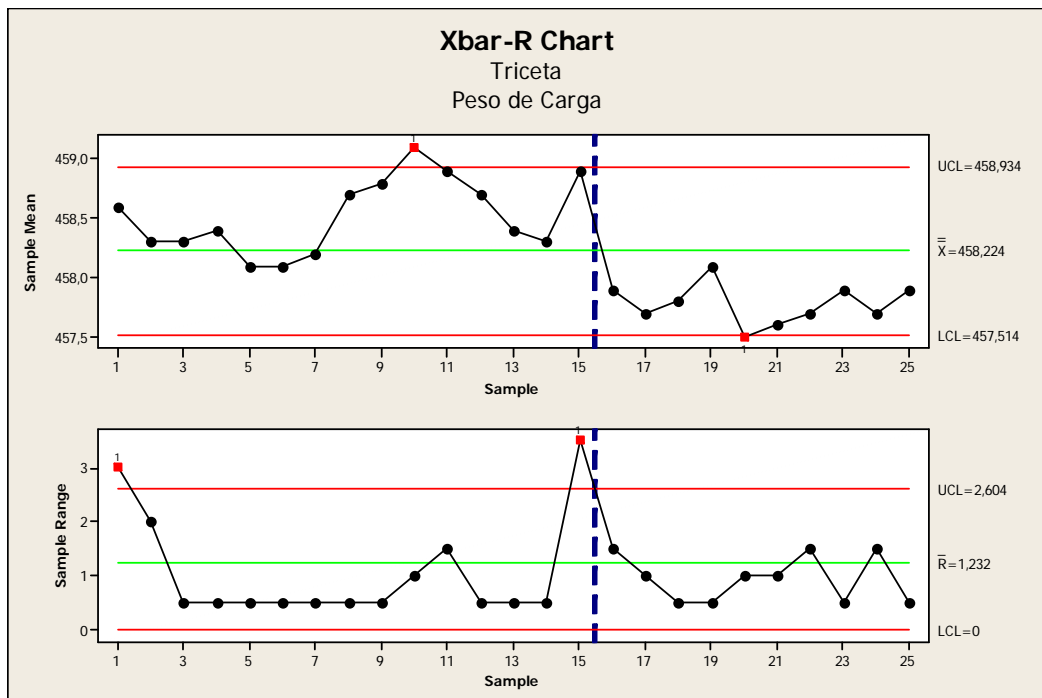
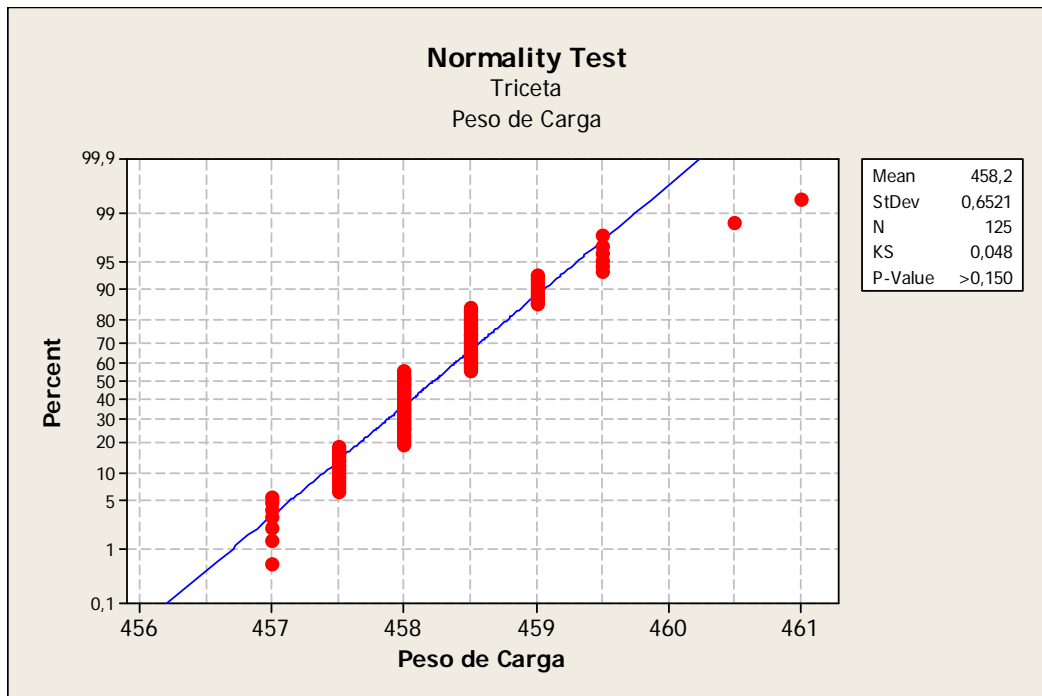
H.4 GRÁFICOS DEL ANÁLISIS DE RESULTADOS TRICETA

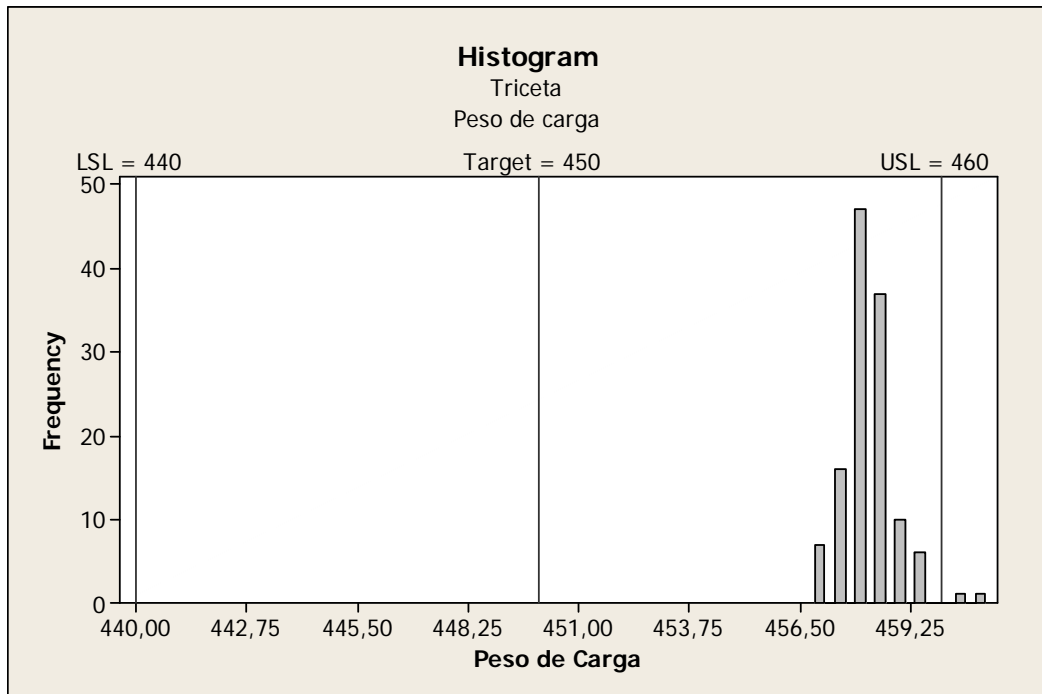
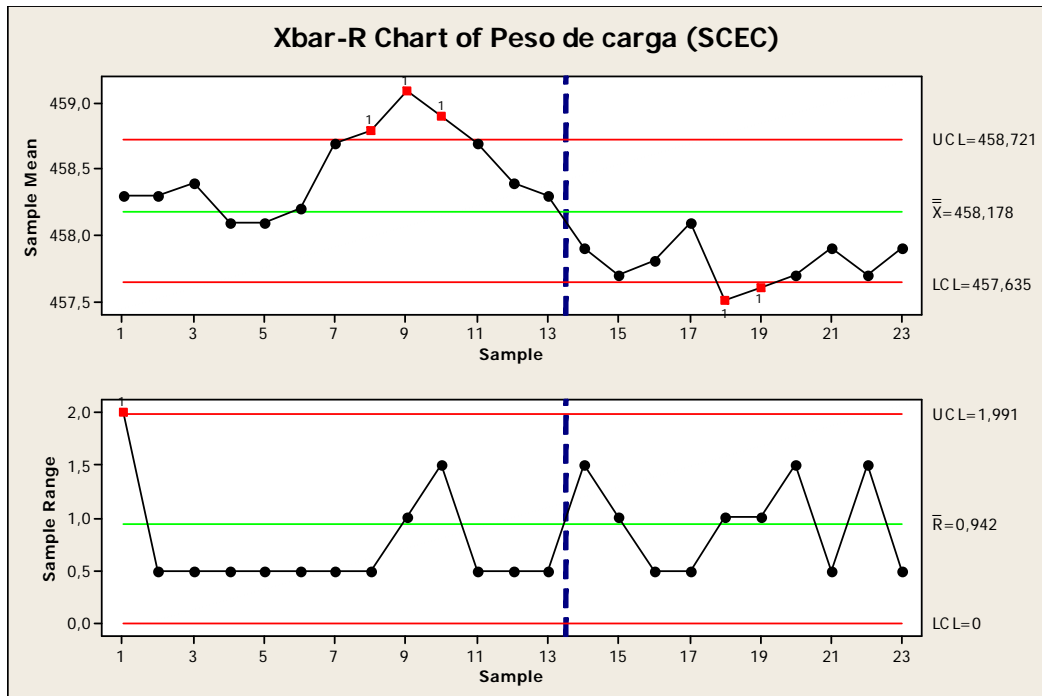
- Longitud de Corte



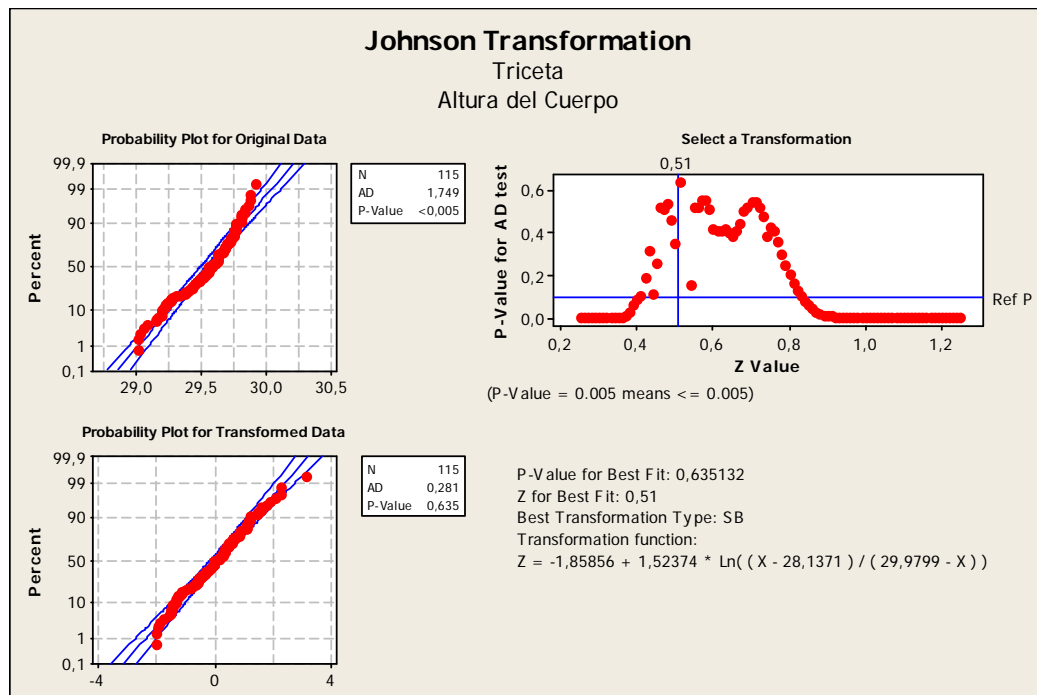
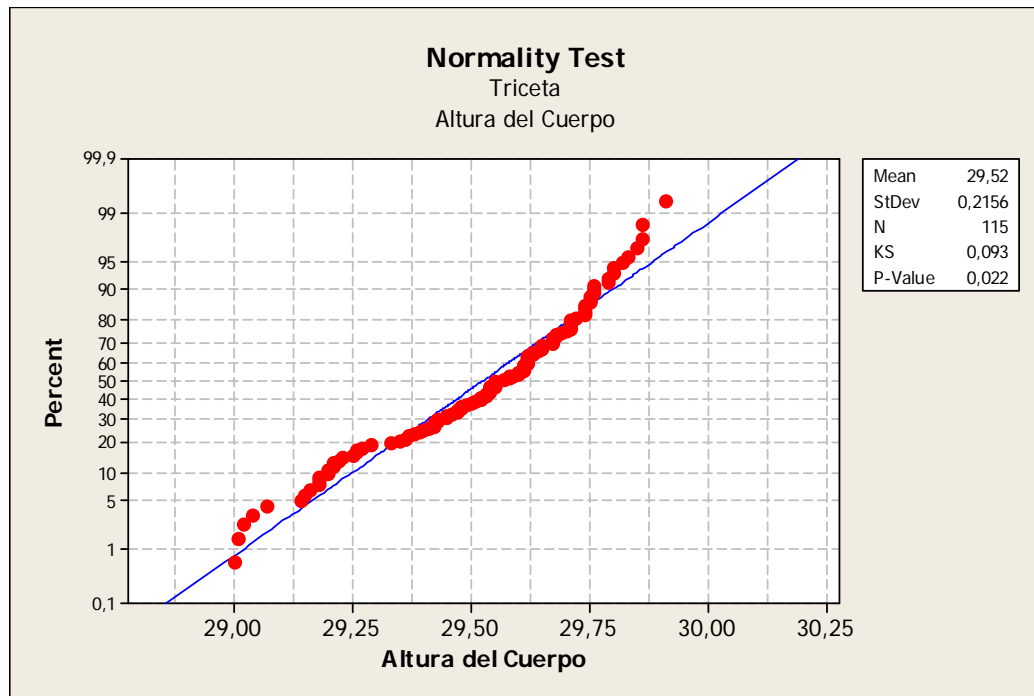


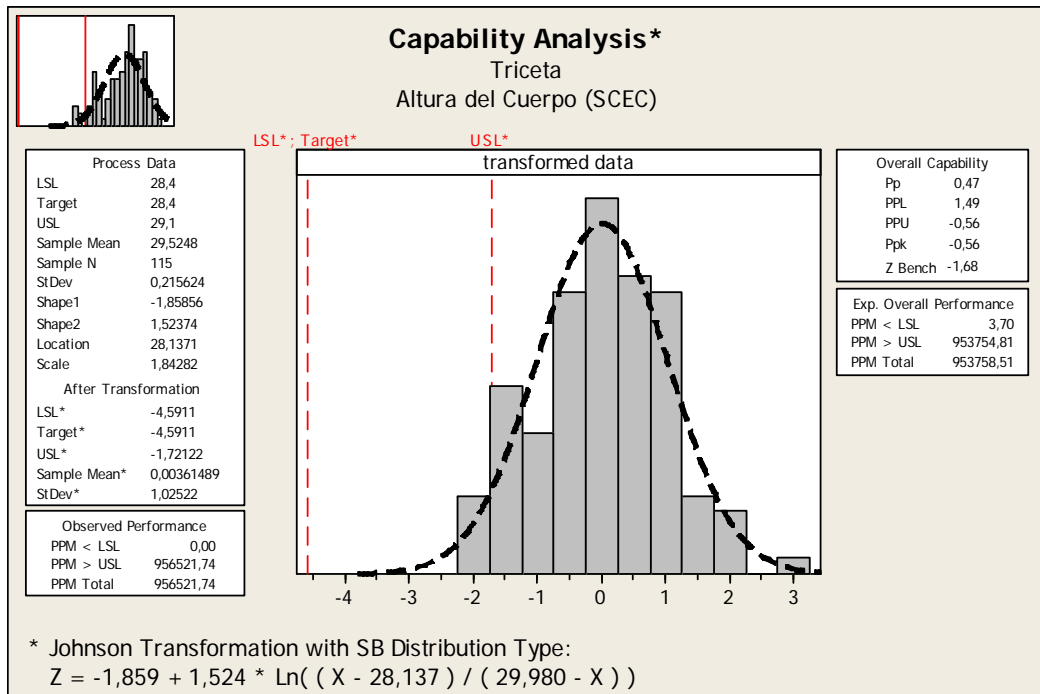
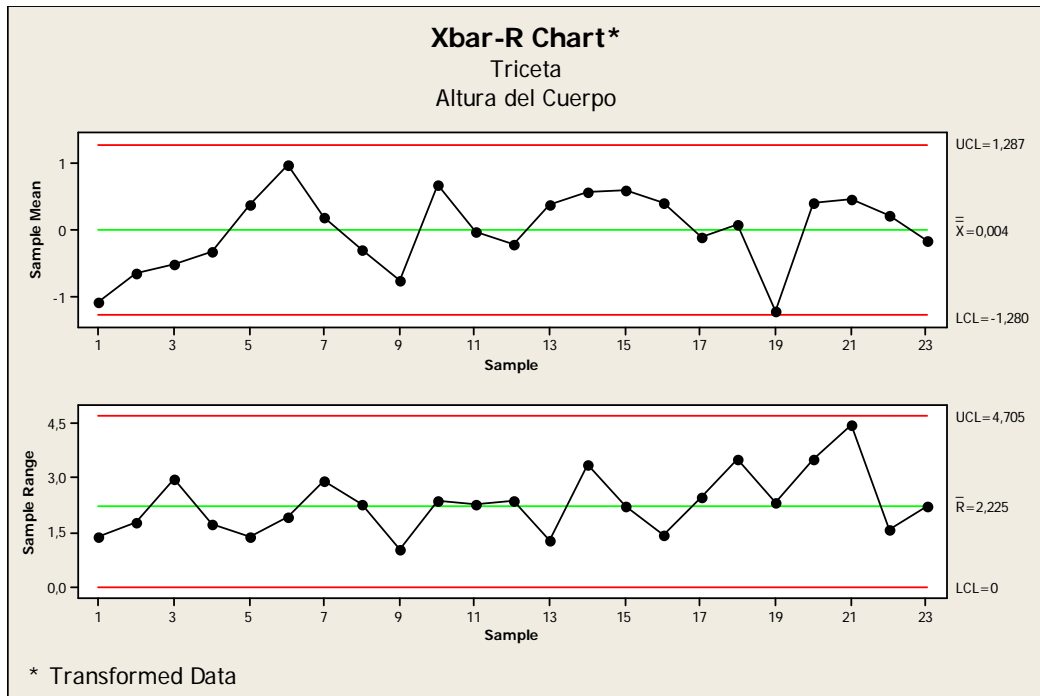
- **Peso de Carga**



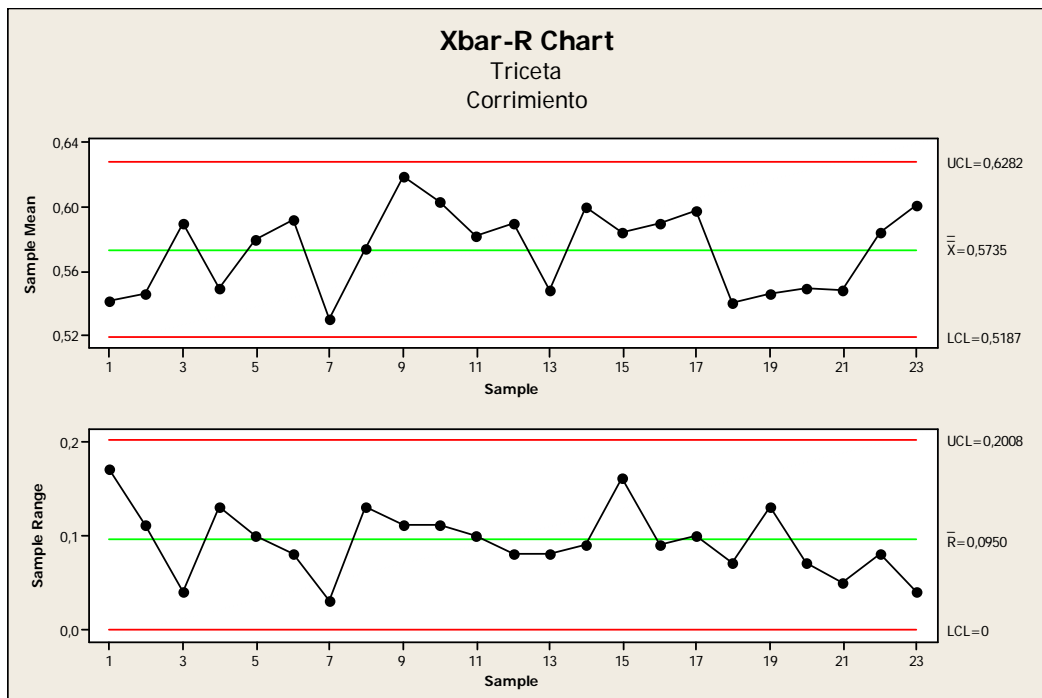
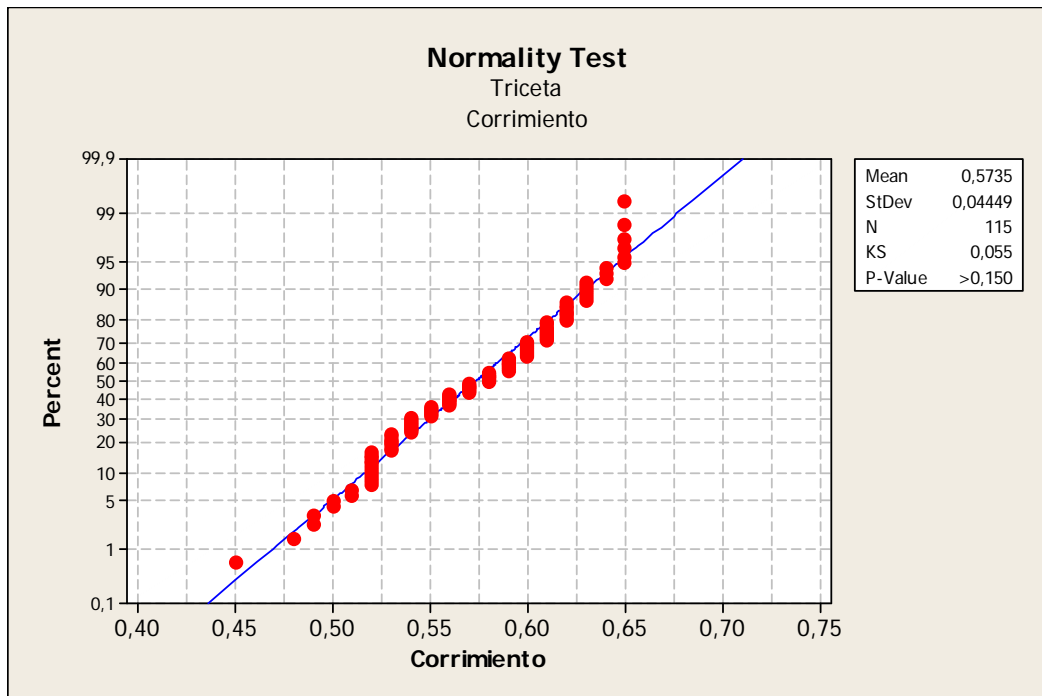


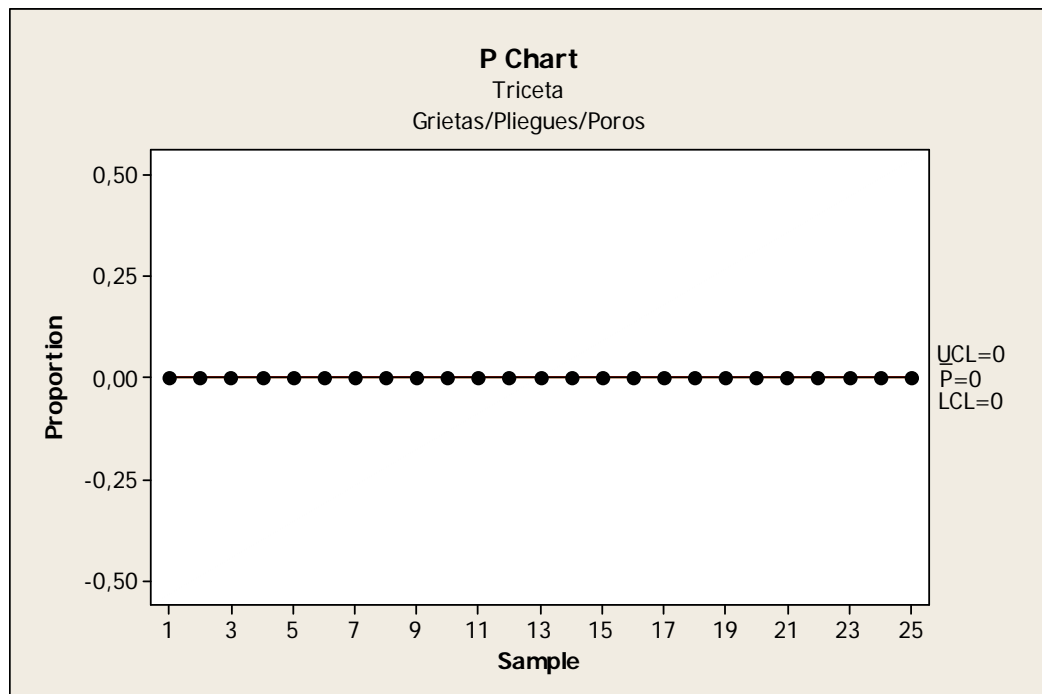
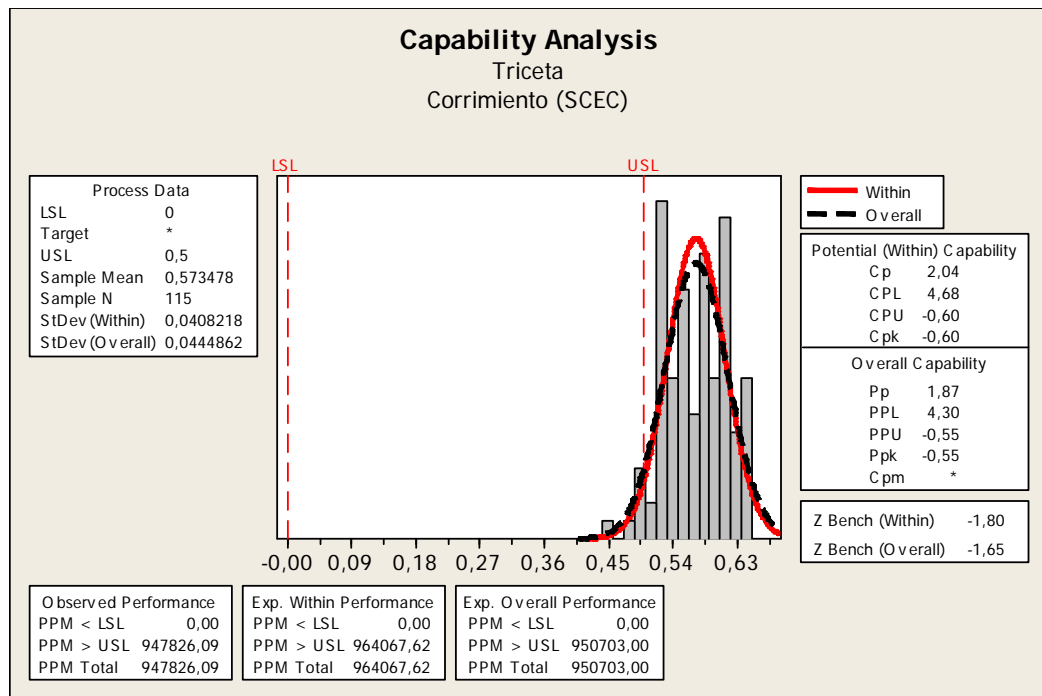
- **Altura del Cuerpo**





- Corrimiento

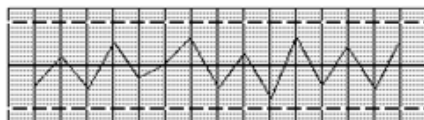




**FORMATO CARTA p DE FORCOL
(Reverso)**

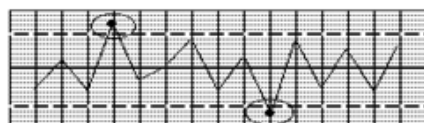
CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO

PROCESO BAJO CONTROL (Presencia de causas comunes unicamente)

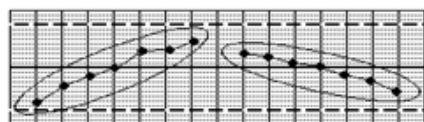


Los puntos caen aleatoriamente a lado y lado de la línea central.

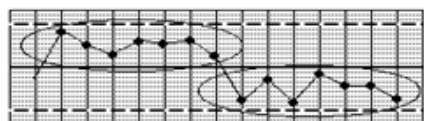
PROCESO FUERA DE CONTROL (Presencia de causas especiales)



Cualquier punto por fuera de los límites de control.



Siete puntos consecutivos con tendencia creciente o decreciente.



Siete puntos consecutivos a un lado de la línea central

INSTRUCCIONES PARA LLENADO DE CARTAS X-R (Promedios)

1. Asegurarse de haber seleccionado la carta correspondiente
2. Registrar adecuadamente los datos de fecha, hora, operario y observaciones.
3. Registrar los valores de las mediciones tomadas.
4. Calcular el promedio: * Sumar los valores de las mediciones.
* Dividir la suma por el número de mediciones tomadas.
5. Calcular el rango: * Identificar los valores máximo y mínimo
* Al valor máximo, restarle el valor mínimo, teniendo en cuenta los signos positivos y/o negativos de cada medición.
6. Hacer la gráfica de promedios y rangos a medida que se van tomando muestras.

INSTRUCCIONES PARA TOMAR ACCIONES SOBRE EL PROCESO

1. No hacer cambios innecesarios al proceso
2. Identificar y resaltar las condiciones fuera de control.
3. Indicar cualquier cambio en los elementos del proceso (Operario, material, método, máquina, instrumentos de medición, etc.).
4. Indicar cualquier acción tomada sobre el proceso.
5. Corregir la causa especial. Si se requiere, pedir asesoría del encargado de turno.

ANEXO J

PROGRAMA DE SENSIBILIZACIÓN Y ENTRENAMIENTO CEP

Objetivos:

- Observar y mejorar la variación de un proceso mediante el uso de la catapulta estadística seis sigma.
- Adquirir los conocimientos básicos de la estadística para su posterior aplicación.
- Conocer los diferentes métodos estadísticos para análisis, evaluación y control de los procesos.
- Aprender a construir e interpretar las cartas de control estadístico de proceso.
- Interpretar los índices de capacidad

Dirigido a:

Personal administrativo

- Gerente de Planta
- Coordinador de Mantenimiento
- Coordinador del Sistema de Gestión de Calidad
- Coordinador De Planta.
- Coordinador De Aseguramiento de la Calidad y Procesos.

Personal operativo

- Operarios de Planta
- Auditores de Calidad

Duración:

Capacitación Práctica – 2,5 horas (Día 1)

Capacitación Teórica – 2,5 horas (Día 2)

Contenido Capacitación Práctica:

1. Presentación de la Catapulta estadística
 - Partes
 - Variables modificables
2. Ejercicio práctico
3. Análisis de resultados
4. Conclusiones

Contenido Capacitación Teórica

1. Introducción (Proceso)
2. Conceptos estadísticos
 - Muestras y parámetros
(Media, mediana, amplitud, varianza y desviación estándar)
3. Herramientas estadísticas
 - Gráfico de barras
 - Histograma
 - Diagrama Pareto
 - Diagrama Ishikawa
 - Diagrama circular
 - Diagrama de dispersión
 - Gráfico de control
4. Distribución normal
 - Características
 - Curva normal y desvío
5. Control estadístico de procesos
 - Voz del proceso
 - Voz del cliente
 - Variación (centramiento, forma y dispersión)
 - Causas de variación (comunes y especiales)
 - Acciones (operativas y administrativas)

6. Cartas de control estadístico
 - Tipos de cartas
 - Componentes de las cartas
 - Llenado de cartas
 - Interpretación
7. Procesos fuera de control
8. Indicadores de capacidad
 - Cálculo
 - Capacidad del proceso

J.1 CAPACITACIÓN TEÓRICA: PRINCIPIOS BÁSICOS PARA EL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

La presentación de diapositivas se encuentra en el CD de Anexos adjunto con el nombre: "Capacitación Teórica.pptx"

J.2 CAPACITACIÓN PRÁCTICA: EJERCICIO PRÁCTICO SEIS SIGMA

La presentación de diapositivas se encuentra en el CD de Anexos adjunto con el nombre: "Capacitación Práctica.pptx"

J.3 EJERCICIO PRÁCTICO SEIS SIGMA

Descripción Del Ejercicio:

La empresa **IMPACTO S.A.**, bajo el lema "*Siempre a tu medida*", se dedica a la producción de "Distancias" y compra su materia prima a un único proveedor. Recientemente las condiciones del negocio han cambiado y han llegado nuevos competidores al mercado. Los clientes de Impacto ya han ensayado sus productos y han quedado satisfechos, ya que el precio es atractivo y la calidad es buena. Por

esta razón la compañía se ha visto en la necesidad de entregar oportunamente productos de mayor calidad. Sin embargo, Impacto sigue recibiendo la programación mensualmente y hasta ahora la demanda sigue siendo la misma.

El presidente de Impacto le dijo a su planta de producción que si los defectos no son reducidos en un 75% se verá obligado a cerrar operaciones por un tiempo indeterminado debido a que los clientes preferirán a la competencia.

Por supuesto, el presidente tiene toda la confianza en que las capacidades de sus empleados le permitirá a IMPACTO evitar esta crisis. Para conseguirlo, es de vital importancia que el Equipo De Mejoramiento De Procesos alcance unos parámetros básicos de operación de la siguiente manera:

- Se conformarán 3 equipos y cada uno de ellos deberá realizar *una* corrida de producción de 50 lanzamientos.
- Debido a la exigencia del cliente de entregas oportunas, el tiempo máximo de producción de cada corrida es de 20 minutos incluyendo el tiempo de puesta a punto. Una vez culminado el proceso de PAP, no se podrán realizar ajustes a los parámetros establecidos.
- Después de cada corrida de producción, el grupo contará con 20 minutos para procesamiento y análisis de los resultados. Una vez culminada esta sesión, las mejoras definidas previamente pasarán a ser implementadas por el nuevo equipo.
- Calcular el Costo de Mala Calidad (Costo de no calidad) usando el formato de recolección de datos.
- La empresa tiene una fuerza de trabajo flexible y los empleados se rotan. La rotación normal es cada 5 distancias producidas (usando 5 unidades de materia prima). El único integrante del grupo que no rotará será el Supervisor Del Tiempo.

La especificación del cliente es 200 ± 8 cm.



Instrucciones de los miembros del equipo de mejoramiento de procesos:

Operador:

- Cargar la materia prima en la cesta
- Halar el brazo de la catapulta hasta el ángulo deseado
- Soltar el brazo

Inspector:

- Determinar la distancia desde el punto en donde la materia prima golpea el suelo hasta la base de la catapulta
- Informar al Registrador De Datos la medida tomada.

Recuperador de material:

- Recoger el material.
- Llevar el material al operador.

Supervisor del tiempo:

- Cronometrar el tiempo de Puesta a Punto y de Producción.
- Cronometrar el tiempo de la reunión de Procesamiento y Análisis De Datos.

Las funciones correspondientes a la recolección y el procesamiento de los datos estarán a cargo de una persona ajena al grupo, que por lo tanto no rotará ni cambiará después de cada corrida de producción, ya que es preferible que esta información sea manejada por una sola persona en función de su objetividad y veracidad:



Registrador de datos:

- Registrar la distancia
- Registrar el operador.
- Registrar el inspector.

Costos de mala calidad:

Un producto debe considerarse para el retrabajo si está hasta 3 cm mas allá de los límites de especificación, de lo contrario se considerará *scrap*. Para calcular el costo de no calidad de cada uno de los lanzamientos (distancias) se tendrá en cuenta lo siguiente:

Calcule el costo de no calidad de cada período (50 lanzamientos). Si no se llegaran a realizar los 50 lanzamientos dentro de los 20 minutos, se incurrirá en un *sobrecosto por incumplimiento del plazo*, equivalente a $\$2/\text{minuto}$

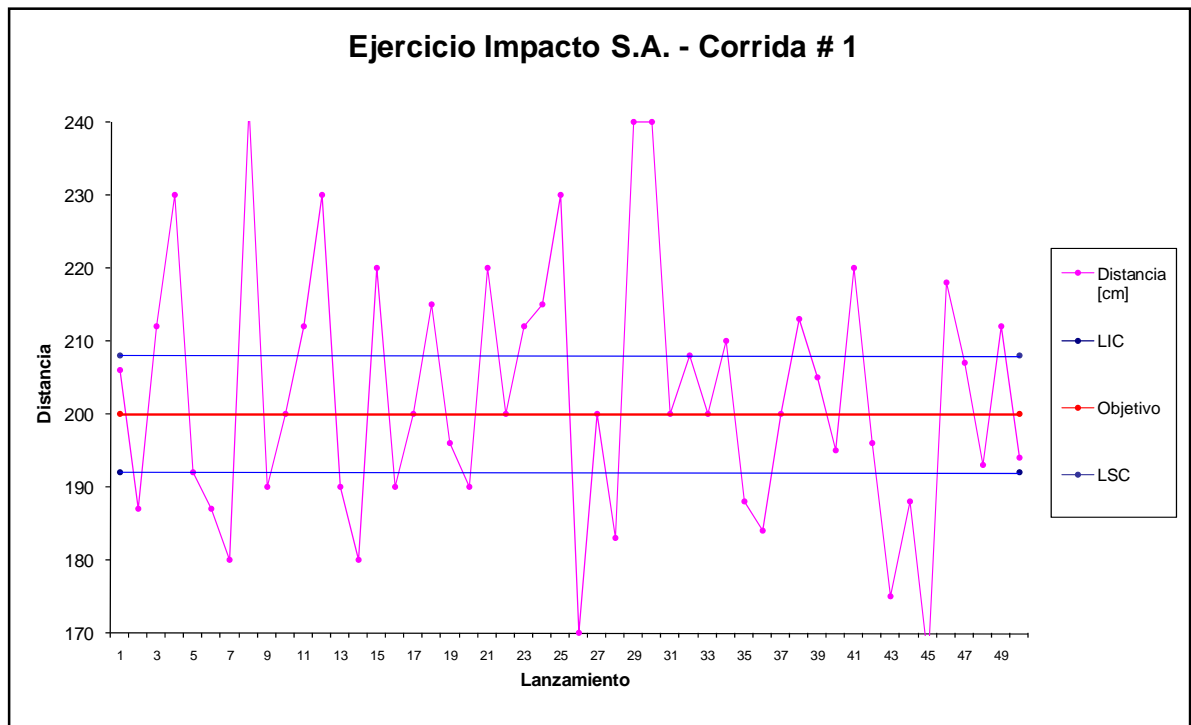


Resultados Del Ejercicio – Personal Administrativo

REGISTRO DE DATOS - CORRIDA # 1													
Lanzamiento	Operario	Inspector	Distancia [cm]	CALIDAD*				COSTO DE NO CALIDAD*				TOTAL	
				B	D	R	S	I	D	R	S		
1	Giovani	Angela	206	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10	
2				187		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
3				212		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
4				230		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
5				192	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
6	Omar	Giovani	187		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
7				180		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
8				242		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
9				190		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
10				200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
11	Angela	Omar	212		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
12				230		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
13				190		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
14				180		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
15				220		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
16	Giovani	Angela	190		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130	
17				200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
18				215		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
19				196	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
20				190		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
21	Omar	Giovani	220		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
22				200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
23				212		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
24				215		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
25				230		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
26	Angela	Omar	170		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
27				200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
28				183		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
29				240		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
30				240		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
31	Giovani	Angela	200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10	
32				208	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
33				200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
34				210		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
35				188		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
36	Omar	Giovani	184		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
37				200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
38				213		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
39				205	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
40				195	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
41	Angela	Omar	220		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
42				196	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
43				175		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
44				188		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
45				166		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
46	Giovani	Angela	218		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
47				207	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
48				193	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
49				212		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
50				194	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
TOTAL								\$ 500	\$ 660	\$ 500	\$ 5.600	\$ 7.260	

* Bueno (B), Defectuoso (D), Retrabajo (R), Scrap (S), Inspección (I)

Operador	Giovani	Omar	Angela
Lanzamiento Corrida # 1	206	187	212
	187	180	230
	212	242	190
	230	190	180
	192	200	220
	190	212	190
	200	220	200
	215	200	215
	196	212	196
	190	215	190
	200	184	220
	208	200	196
	200	213	175
	210	205	188
	188	195	166
	218		
	207		
	193		
	212		
	194		
Promedio	202,4	203,7	197,9
Desv. Objetivo	2,4	3,7	-2,1

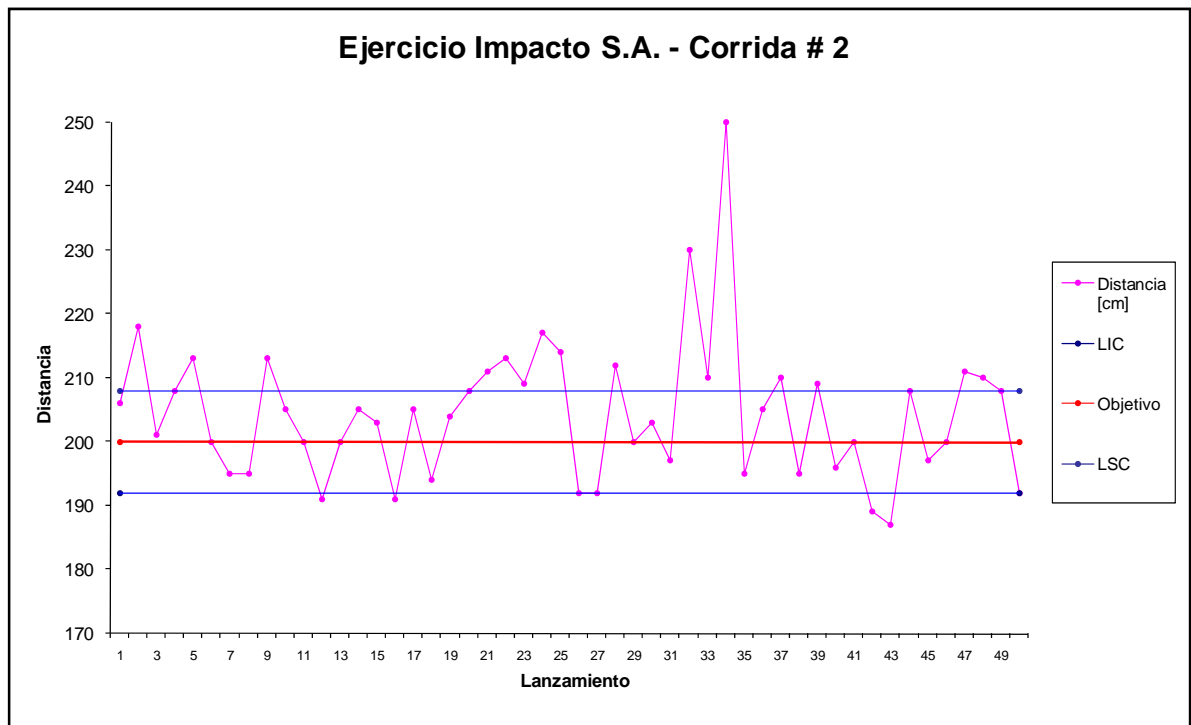




REGISTRO DE DATOS - CORRIDA # 2												
Lanzamiento	Operario	Inspector	Distancia [cm]	CALIDAD*				COSTO DE NO CALIDAD*				TOTAL
				B	D	R	S	I	D	R	S	
1	Giovani	Angela	206	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
2			218		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
3			201	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
4			208	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
5			213		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
6	Omar	Giovani	200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
7			195	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
8			195	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
9			213		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
10			205	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
11	Angela	Omar	200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
12			191		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
13			200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
14			205	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
15			203	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
16	Giovani	Angela	191		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
17			205	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
18			194	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
19			204	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
20			208	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
21	Omar	Giovani	211		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
22			213		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
23			209		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
24			217		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
25			214		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
26	Angela	Omar	192	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
27			192	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
28			212		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
29			200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
30			203	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
31	Giovani	Angela	197	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
32			230		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
33			210		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
34			250		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
35			195	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
36	Omar	Giovani	205	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
37			210		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
38			195	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
39			209		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
40			196	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
41	Angela	Omar	200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
42			189		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
43			187		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
44			208	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
45			197	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
46	Giovani	Angela	200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
47			211		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
48			210		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
49			208	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
50			192	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
TOTAL								\$ 500	\$ 400	\$ 1.000	\$ 2.000	\$ 3.900

*Bueno (B), Defectuoso (D), Retrabajo (R), Scrap (S), Inspección (I)

Operador	Giovani	Omar	Angela
Lanzamiento Corrida # 2	206	200	200
	218	195	191
	201	195	200
	208	213	205
	213	205	203
	191	200	191
	205	211	205
	194	213	194
	204	209	204
	208	217	208
	197	205	200
	230	210	189
	210	195	187
	250	209	208
	195	196	197
	200		
	211		
	210		
	208		
	192		
Promedio	207,55	204,9	198,8
Desv. Objetivo	7,55	4,9	-1,2



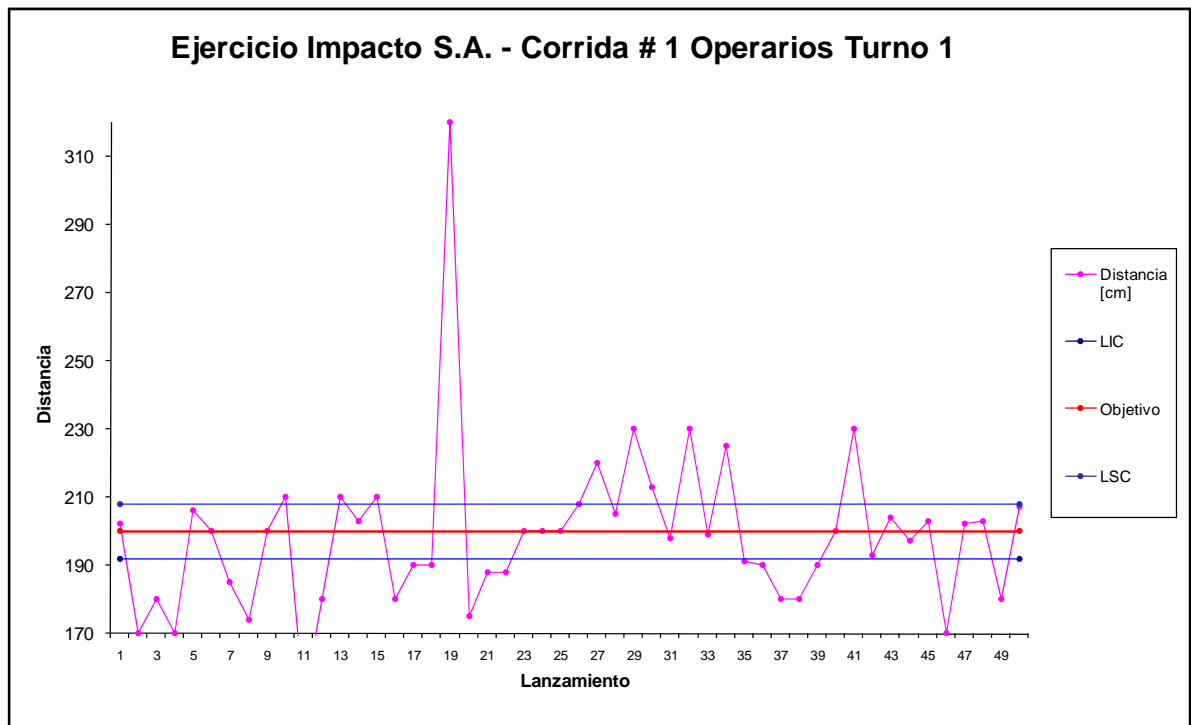


Resultados – Personal Operativo (Turno 1)

REGISTRO DE DATOS - CORRIDA # 1													
Lanzamiento	Operario	Inspector	Distancia [cm]	CALIDAD*				COSTO DE NO CALIDAD*				TOTAL	
				B	D	R	S	I	D	R	S		
1	Luis E.	Edwin	202	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10	
2				170		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
3				180		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
4				170		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
5				206	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
6	Edwin	Ruben	200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10	
7				185		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
8				174		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
9				200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
10				210		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
11	Ruben	Luis E.	150		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
12				180		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
13				210		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
14				203	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
15				210		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
16	Luis E.	Edwin	180		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
17				190		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
18				190		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
19				320		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
20				175		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
21	Edwin	Ruben	188		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
22				188		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
23				200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
24				200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
25				200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
26	Ruben	Luis E.	208	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10	
27				220		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
28				205	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
29				230		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
30				213		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
31	Luis E.	Edwin	198	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10	
32				230		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
33				199	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
34				225		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
35				191		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
36	Edwin	Ruben	190		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130	
37				180		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
38				180		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
39				190		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
40				200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
41	Ruben	Luis E.	230		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
42				193	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
43				204	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
44				197	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
45				203	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
46	Luis E.	Edwin	170		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
47				202	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
48				203	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
49				180		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
50				207	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
TOTAL								\$ 500	\$ 600	\$ 800	\$ 4.400	\$ 6.300	

* Bueno (B), Defectuoso (D), Retrabajo (R), Scrap (S), Inspección (I)

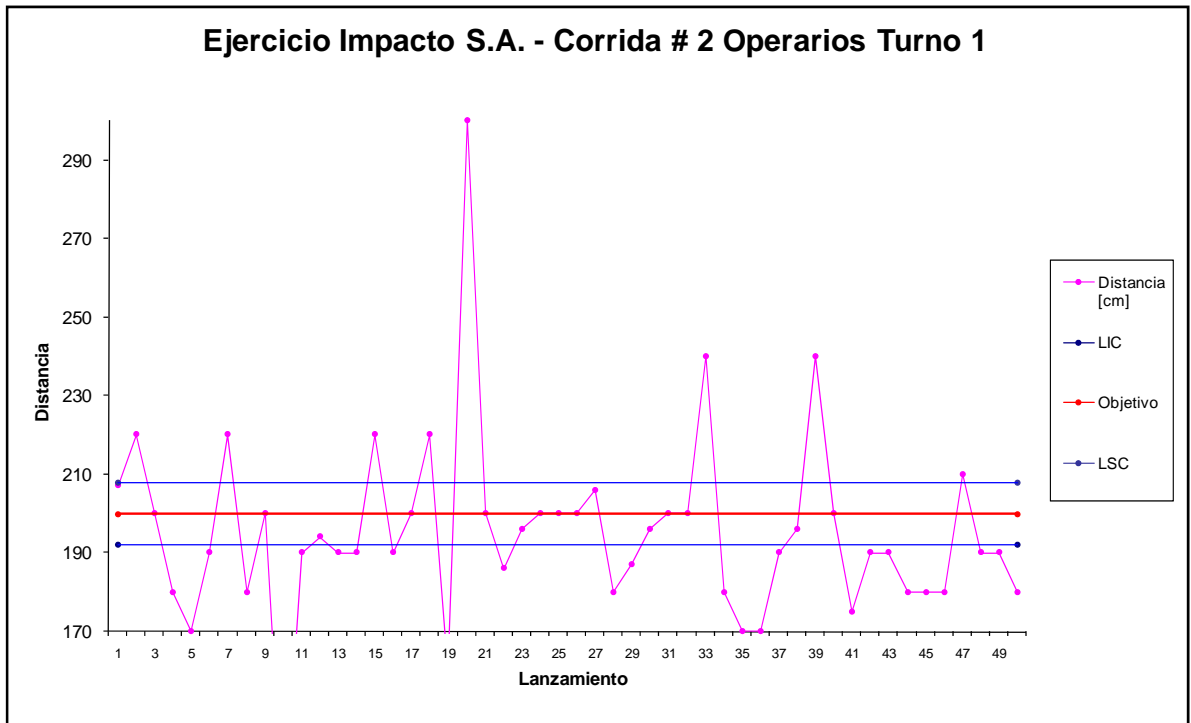
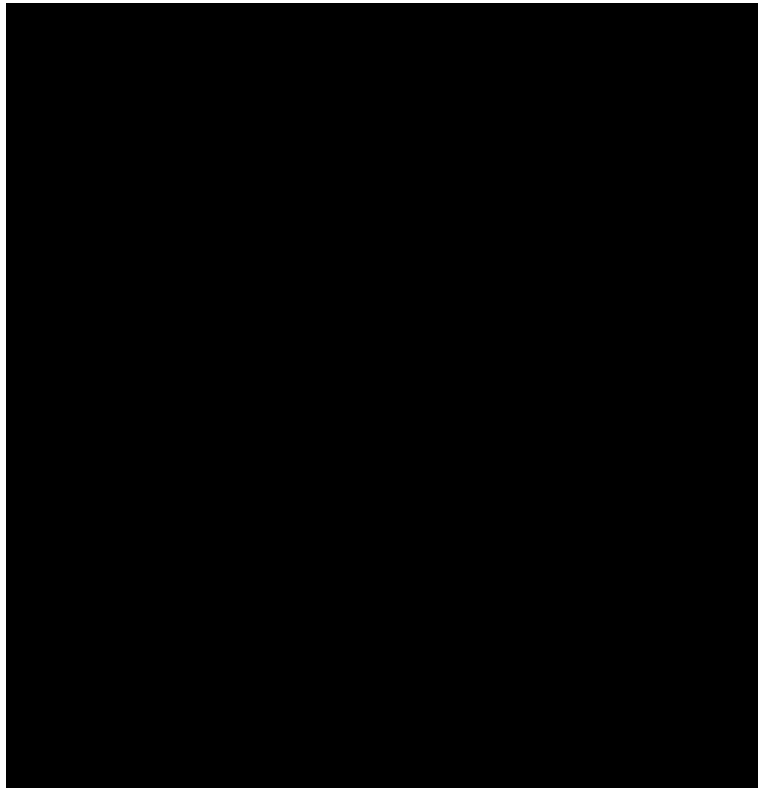
Operador	Luis E.	Edwin	Ruben
Lanzamiento Corrida # 1	202	200	150
	170	185	180
	180	174	210
	170	200	203
	206	210	210
	180	150	180
	190	188	190
	190	188	190
	320	200	320
	175	200	175
	198	190	230
	230	180	193
	199	180	204
	225	190	197
	191	200	203
	170		
	202		
	203		
	180		
	207		
Promedio	199,4	189,0	202,3
Desv. Objetivo	-0,6	-11,0	2,3

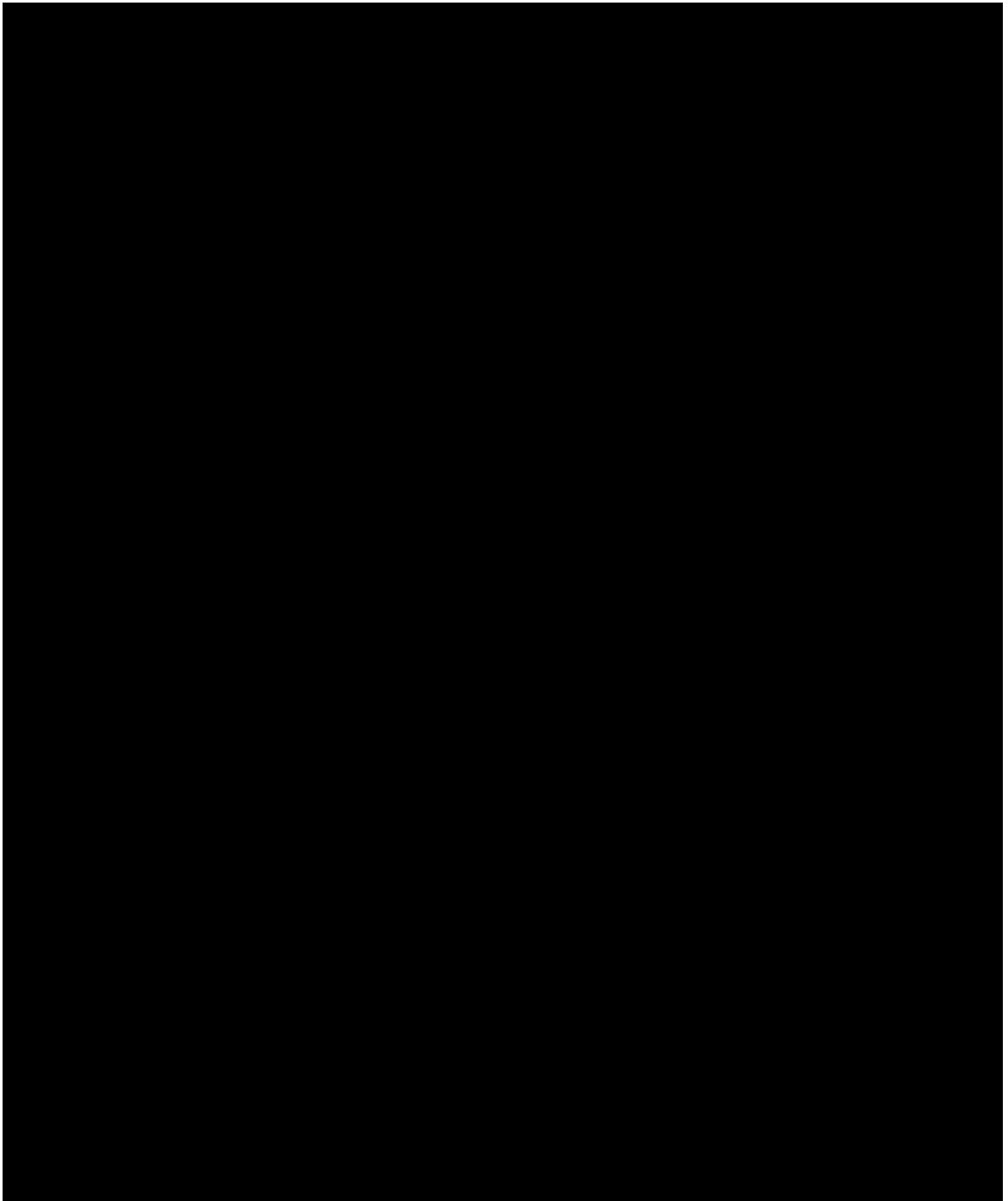




REGISTRO DE DATOS - CORRIDA # 2													
Lanzamiento	Operario	Inspector	Distancia [cm]	CALIDAD*				COSTO DE NO CALIDAD*				TOTAL	
				B	D	R	S	I	D	R	S		
1	Jorge	Ivan	207	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10	
2				220		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
3				200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
4				180		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
5				170		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
6	Abelardo	Jorge	190		x	x		\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130	
7				220		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
8				180		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
9				200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
10				120		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
11	Ivan	Jorge	190		x	x		\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130	
12				194	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
13				190		x	x		\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
14				190		x	x		\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
15				220		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
16	Jorge	Ivan	190		x	x		\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130	
17				200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
18				220		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
19				160		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
20				300		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
21	Abelardo	Jorge	200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10	
22				186		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
23				196	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
24				200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
25				200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
26	Ivan	Jorge	200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10	
27				206	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
28				180		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
29				187		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
30				196	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
31	Jorge	Ivan	200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10	
32				200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
33				240		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
34				180		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
35				170		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
36	Abelardo	Jorge	170		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
37				190		x	x		\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
38				196	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
39				240		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
40				200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
41	Ivan	Jorge	175		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
42				190		x	x		\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
43				190		x	x		\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
44				180		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
45				180		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
46	Jorge	Ivan	180		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
47				210		x	x		\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
48				190		x	x		\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
49				190		x	x		\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
50				180		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
TOTAL								\$ 500	\$ 680	\$ 1.100	\$ 4.600	\$ 6.880	

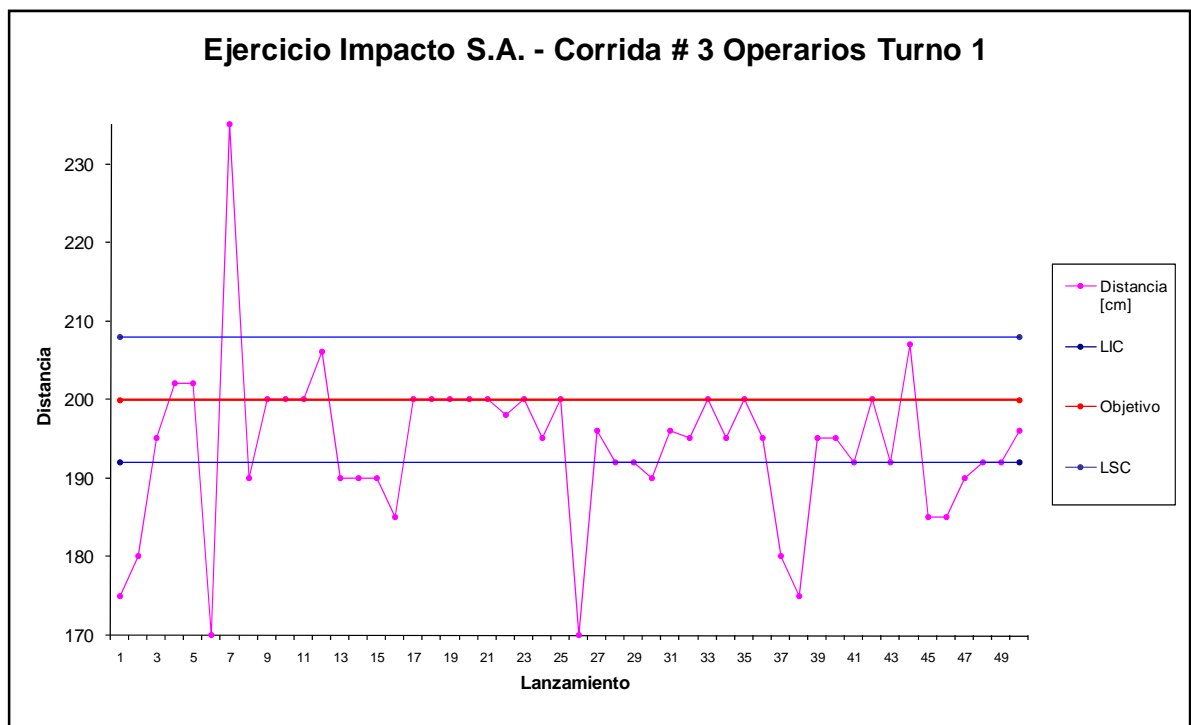
* Bueno (B), Defectuoso (D), Retrabajo (R), Scrap (S), Inspección (I)





* Bueno (B), Defectuoso (D), Retrabajo (R), Scrap (S), Inspección (I)

Operador	Giovani	Carlos	Leo
Lanzamiento Corrida # 3	175	170	200
	180	235	206
	195	190	190
	202	200	190
	202	200	190
	185	200	185
	200	200	200
	200	198	200
	200	200	200
	200	195	200
	196	195	192
	195	180	200
	200	175	192
	195	195	207
	200	195	185
	185		
	190		
	192		
	192		
	196		
Promedio	194	195,2	195,8
Desv. Objetivo	-6	-4,8	-4,2



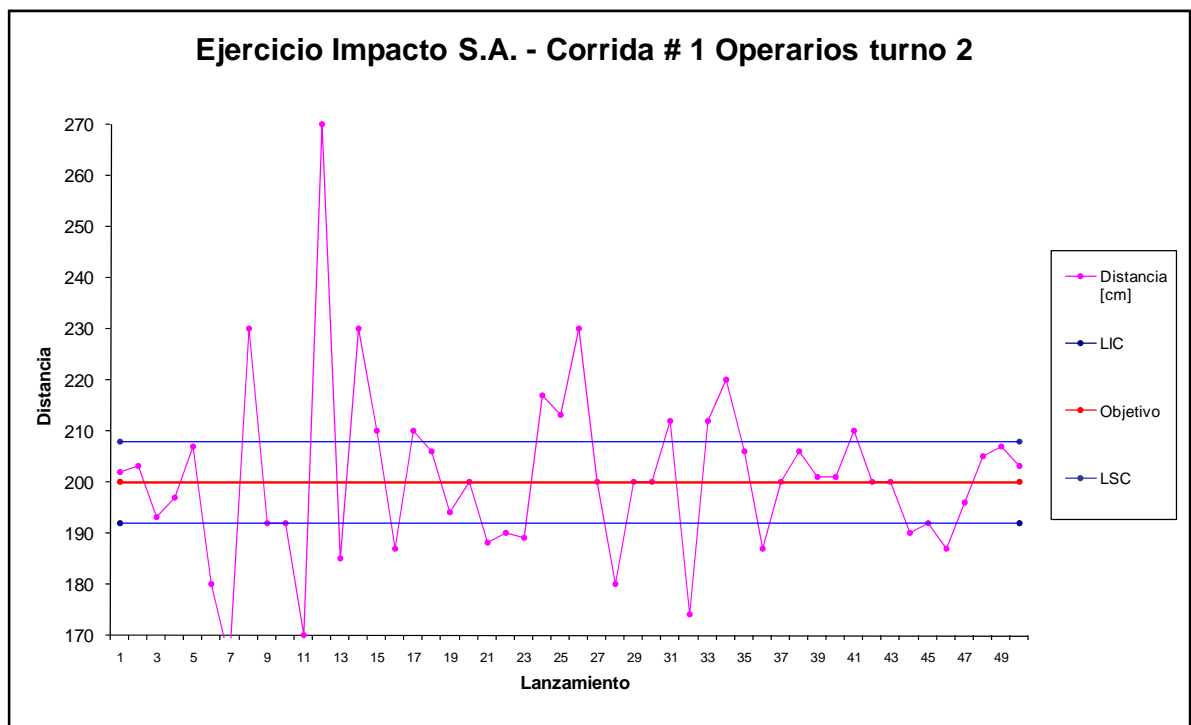


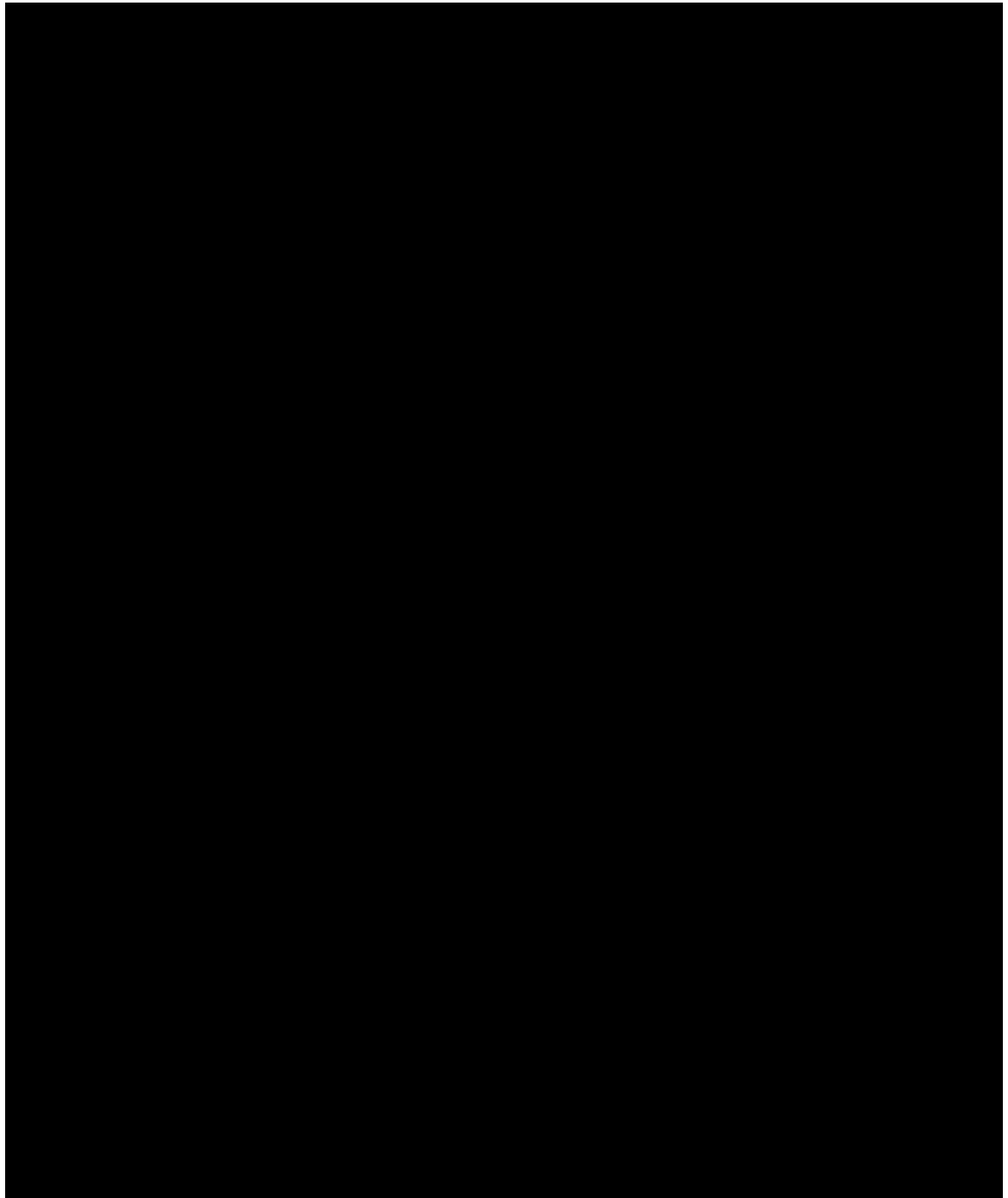
Resultados – Personal Operativo (Turno 2)

REGISTRO DE DATOS - CORRIDA # 1													
Lanzamiento	Operario	Inspector	Distancia [cm]	CALIDAD*				COSTO DE NO CALIDAD*				TOTAL	
				B	D	R	S	I	D	R	S		
1	carlos	Abelardo	202	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10	
2			203	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10	
3			193	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10	
4			197	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10	
5			207	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10	
6	Don jose	carlos	180		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
7			165		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
8			230		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
9			192	x					\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
10			192	x					\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
11	Abelardo	don jose	170		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
12			270		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
13			185		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
14			230		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
15			210		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130	
16	carlos	Abelardo	187		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
17			210		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130	
18			206	x					\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
19			194	x					\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
20			200	x					\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
21	Don jose	carlos	188		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
22			190		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130	
23			189		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130	
24			217		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
25			213		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
26	Abelardo	don jose	230		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
27			200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10	
28			180		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
29			200	x					\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
30			200	x					\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
31	carlos	Abelardo	212		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
32			174		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
33			212		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
34			220		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
35			206	x					\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
36	Don jose	carlos	187		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
37			200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10	
38			206	x					\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
39			201	x					\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
40			201	x					\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
41	Abelardo	don jose	210		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130	
42			200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10	
43			200	x					\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
44			190		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130	
45			192	x					\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
46	carlos	Abelardo	187		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
47			196	x					\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
48			205	x					\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
49			207	x					\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
50			203	x					\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
TOTAL								\$ 500	\$ 500	\$ 600	\$ 3.800	\$ 5.400	

* Bueno (B), Defectuoso (D), Retrabajo (R), Scrap (S), Inspección (I)

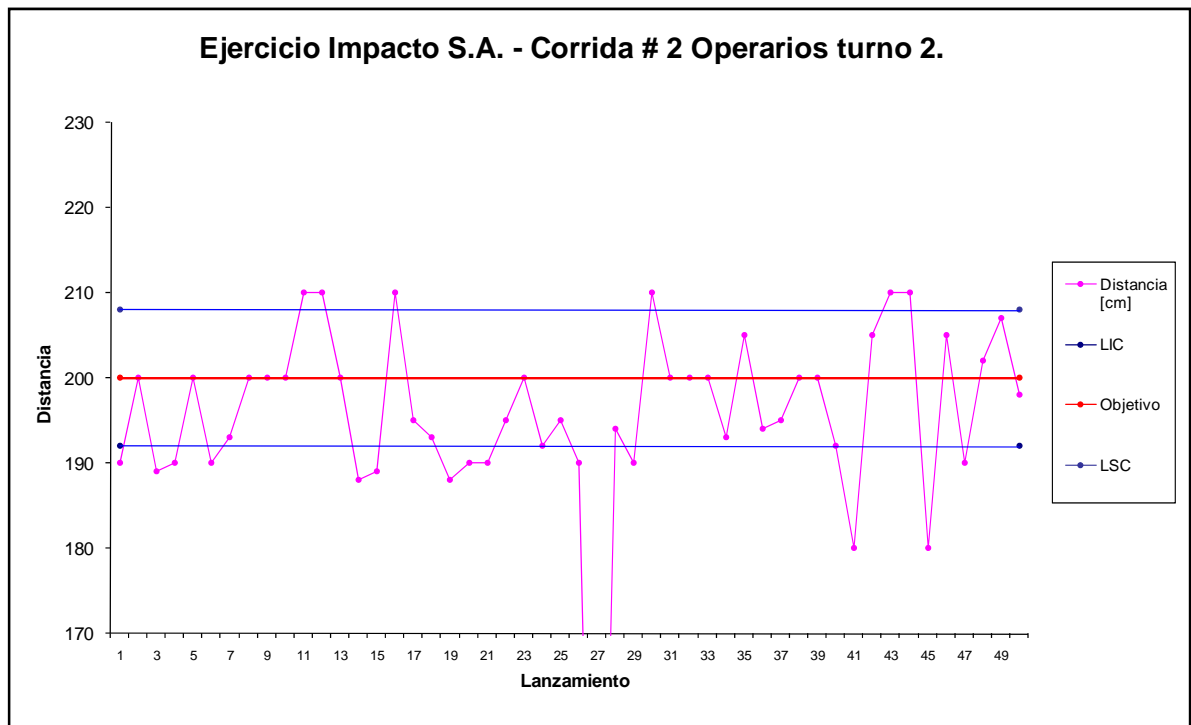
Operador	carlos	Don jose	Abelardo
Lanzamiento Corrida # 1	202	180	170
	203	165	270
	193	230	185
	197	192	230
	207	192	210
	187	170	187
	210	188	210
	206	190	206
	194	189	194
	200	217	200
	212	187	210
	174	200	200
	212	206	200
	220	201	190
	206	201	192
	187		
	196		
	205		
	207		
	203		
Promedio	201,05	193,9	203,6
Desv. Objetivo	1,05	-6,1	3,6





* Bueno (B), Defectuoso (D), Retrabajo (R), Scrap (S), Inspección (I)

Operador	Wilson	felix	Sigilfredo
Lanzamiento Corrida # 2	190	190	210
	200	193	210
	189	200	200
	190	200	188
	200	200	189
	210	210	210
	195	190	195
	193	195	193
	188	200	188
	190	192	190
	200	194	180
	200	195	205
	200	200	210
	193	200	210
	205	192	180
	205		
	190		
	202		
	207		
	198		
Promedio	197,25	196,7	197,2
Desv. Objetivo	-2,75	-3,3	-2,8

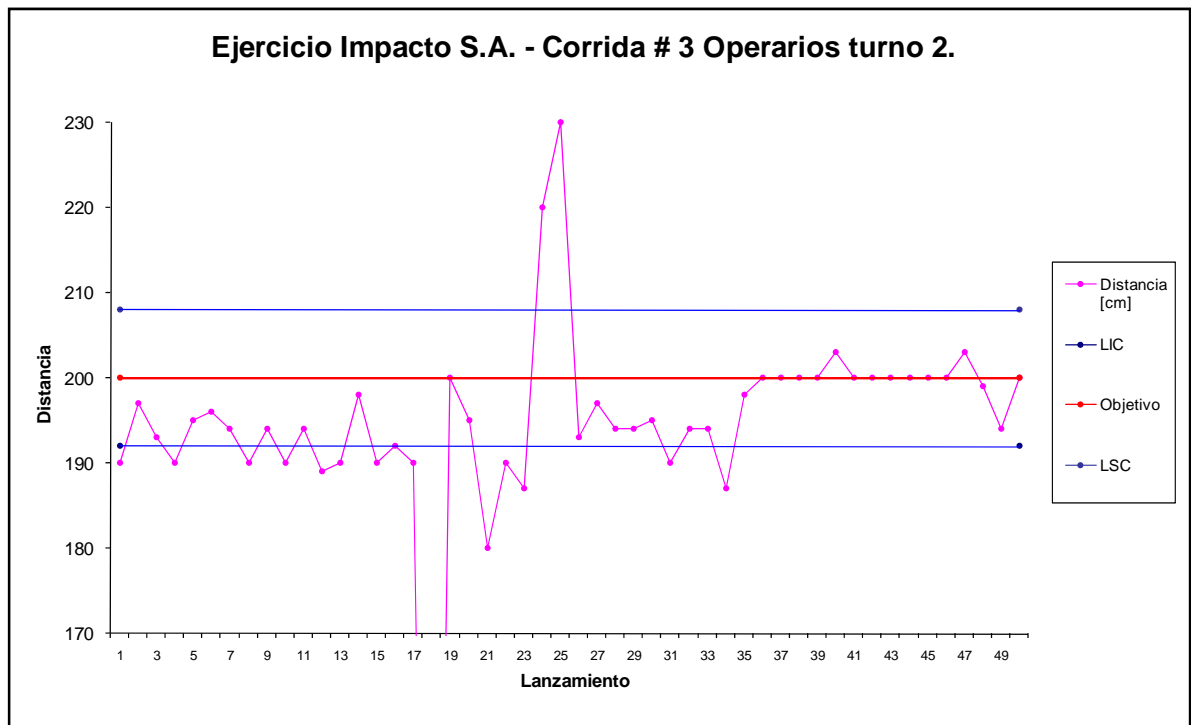




REGISTRO DE DATOS - CORRIDA # 3													
Lanzamiento	Operario	Inspector	Distancia [cm]	CALIDAD*				COSTO DE NO CALIDAD*				TOTAL	
				B	D	R	S	I	D	R	S		
1	Daniel	Robson	190		x	x		\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130	
2				197	x			\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10	
3				193	x			\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10	
4				190		x	x		\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
5				195	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
6	hernan	Daniel	196	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10	
7				194	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
8				190		x	x		\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
9				194	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
10		190		x	x		\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130		
11	Robson	Hernán	194	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10	
12				189		x	x		\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
13				190		x	x		\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
14				198	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
15				190		x	x		\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
16	Daniel	Robson	192	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10	
17				190		x	x		\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
18				60		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
19				200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
20				195	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
21	hernan	Daniel	180		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230	
22				190		x	x		\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130
23				187		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
24				220		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
25				230		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
26	Robson	Hernán	193	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10	
27				197	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
28				194	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
29				194	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
30				195	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
31	Daniel	Robson	190		x	x		\$ 10	\$ 20	\$ 100	\$ -	\$ 130	
32				194	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
33				194	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
34				187		x		x	\$ 10	\$ 20	\$ -	\$ 200	\$ 230
35				198	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
36	hernan	Daniel	200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10	
37				200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
38				200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
39				200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
40				203	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
41	Robson	Hernán	200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10	
42				200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
43				200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
44				200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
45				200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
46	Daniel	Robson	200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10	
47				203	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
48				199	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
49				194	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
50				200	x				\$ 10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10
TOTAL								\$ 500	\$ 320	\$ 1.000	\$ 1.200	\$ 3.020	

* Bueno (B), Defectuoso (D), Retrabajo (R), Scrap (S), Inspección (I)

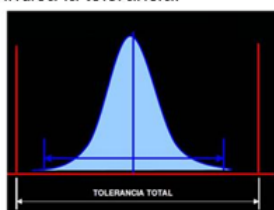
Operador	Daniel	hernan	Robson
Lanzamiento Corrida # 3	190	196	194
	197	194	189
	193	190	190
	190	194	198
	195	190	190
	192	194	192
	190	180	190
	60	190	60
	200	187	200
	195	220	195
	190	200	200
	194	200	200
	194	200	200
	187	200	200
	198	203	200
	200		
	203		
	199		
	194		
	200		
Promedio	188,05	195,9	186,5
Desv. Objetivo	-11,95	-4,1	-13,5



J.5 FOLLETO CAPACITACIÓN (LADO 1)

ÍNDICES DE CAPACIDAD

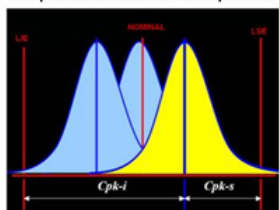
C_p: Compara la capacidad del proceso con la variación máxima admisible como lo indica la tolerancia.



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

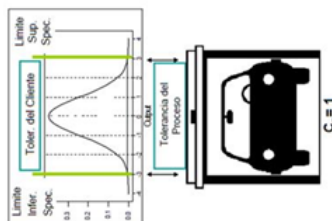
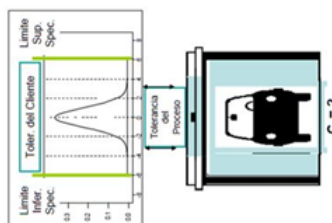
En la práctica se suele considerar que 1.33 es el valor mínimo aceptable para un índice de capacidad (es decir, cualquier valor por debajo de ésta cifra indicaría que, aunque esté bajo control estadístico, el proceso no cumple con las especificaciones deseadas).

C_{pk}: Tiene en cuenta tanto la localización del proceso como la capacidad

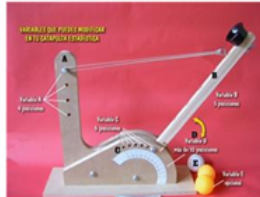


$$Cpk = \min\left(\frac{\bar{X} - LIE}{3\sigma}, \frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma}\right)$$

VISUALIZANDO LA CAPACIDAD DEL PROCESO



CATAPULTA ESTADÍSTICA



Capacitan:

Lilián Andrea Álvarez Cárdenas

Iván Darío Serrano Guerra



CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

PRINCIPIOS BÁSICOS



CONCEPTOS ESTADÍSTICOS

Parámetros poblacionales

μ = Media o promedio
 σ = Desviación estándar

Parámetros muestrales

\bar{X} = Media o promedio
 S = Desviación estándar

Media: Suma de todos los datos dividido en el número total de datos.

Mediana: Es la observación intermedia de la serie ordenada de datos.

Moda: Es el valor que más se repite

Amplitud: Distancia entre los valores más extremos de una serie de datos.

Desviación: Diferencia entre la medida de una magnitud y su promedio (valor de referencia).

J.6 FOLLETO CAPACITACIÓN (LADO 2)



PRINCIPIOS BÁSICOS DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS



Diagrama de barras



Histograma



Diagrama Pareto



Diagrama Ishikawa



Diagrama circular



Diagrama de dispersión

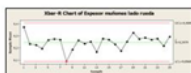
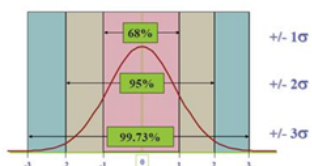
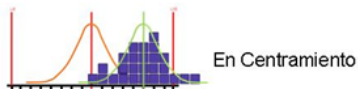


Gráfico de control

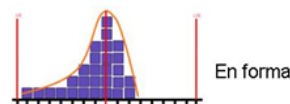
DISTRIBUCIÓN NORMAL



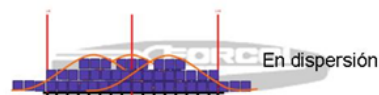
VARIACIÓN



En Centramiento



En forma



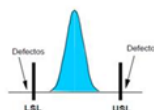
En dispersión

CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO

Permite comprobar en forma permanente si los resultados que van surgiendo de las mediciones se encuentran dentro de los límites establecidos (es una herramienta de prevención de defectos).

"Centrar" – Colocar el Proceso en el "blanco"

"Dispersión" – Reducir la Variación



Causas comunes: Hacen referencia a muchas fuentes de variación dentro de un proceso que hacen que la variable objeto de estudio tenga una distribución estable y repetible a lo largo del tiempo.

Causas especiales: Cualquier factor causante de variación que no siempre está presente en el proceso y continuarán afectando las salidas del proceso de manera impredecible.

CARTAS DE CONTROL ESTADÍSTICO

Carta de Variables (Continuas)

Promedio - Rango ($\bar{X} - R$)

Mediana - Rango ($\bar{X} - R$)

La carta de medianas o promedios muestra la distribución del proceso respecto a la tolerancia especificada y la carta de rangos muestra la variación o dispersión del proceso.

Cartas por Atributos (Discretas)

Cantidad de defectos (np)

Porcentaje de defectos (p)

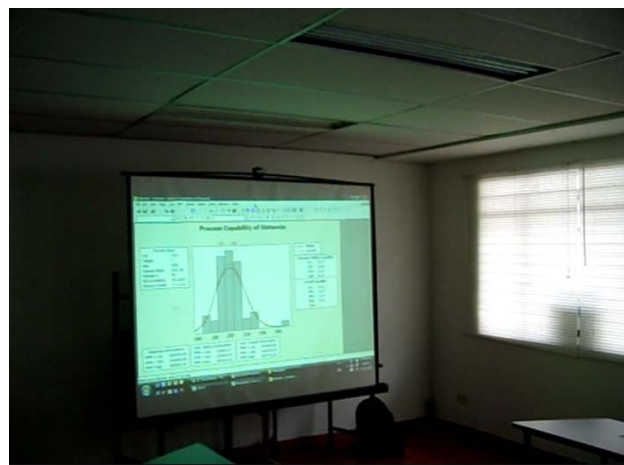


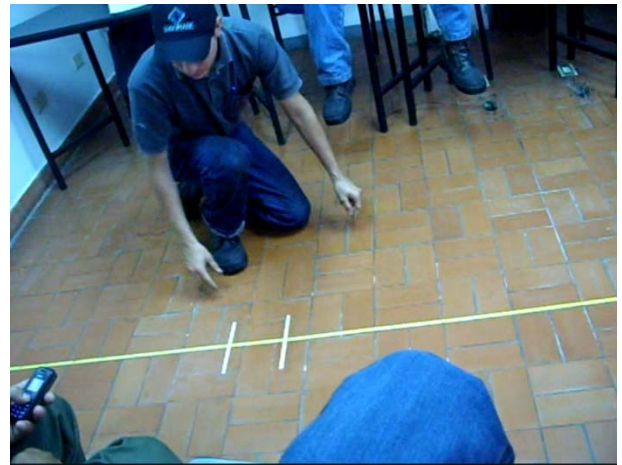
ANEXO K

MATERIAL FOTOGRÁFICO









REPORTE DE CAPACITACION

TEMA DE LA CAPACITACION *Capacitación Práctica Seis Sigma - Ingenieros.*
 FECHA *25 de Marzo de 2009*
 HORA *11:00 a.m.* TIEMPO DE CAPACITACIÓN: *2 horas*
 CAPACITADOR *Liliani Alvarez - Iván Serrano G.*

PARTICIPANTES	EMPRESA	AREA O SECCION	FIRMA DE ASISTENCIA
<i>Giavani A. Parra</i>	<i>Productiva</i>	<i>Producción</i>	<i>[Signature]</i>
<i>Genny Paola González Ríos</i>	<i>Sistecal</i>	<i>Gestión de calidad</i>	<i>[Signature]</i>
<i>Angela Juliana Mantilla Gómez</i>	<i>TH P</i>	<i>Producción</i>	<i>Angela J. Mantilla G.</i>
<i>Luis Sandoz</i>	<i>Forca</i>	<i>Recursos</i>	<i>[Signature]</i>
<i>Omar Fdo. Gómez</i>	<i>Termalind</i>	<i>Mantenimiento</i>	<i>[Signature]</i>
<i>Jesús Chacón</i>	<i>Calidad y Proceso</i>	<i>Ingeniería</i>	<i>[Signature]</i>
<i>EDUARDO CUESTADA</i>	<i>SISTECAL</i>	<i>Calidad</i>	<i>[Signature]</i>

REPORTE DE CAPACITACION

TEMA DE LA CAPACITACION Capacitación práctica Seis Sigma(CEP)- Operarios (Turno 1)
 FECHA 31 de marzo de 2009
 HORA 2:00 p.m. TIEMPO DE CAPACITACION: 2 horas
 CAPACITADOR Iván Darío Serrano Guerra - Lilián Andrea Alvarez Cárdenas

PARTICIPANTES	EMPRESA	AREA O SECCION	FIRMA DE ASISTENCIA
José Ballena	FORMECOL	FORJA	José Ballena
Diego Areque H.	Formecol	Corte	Diego Areque
Gerson yfandos	Formecol	FORJA	Gerson
Iván Darío Naranjo	formecol	forja	Iván Naranjo
Andrés Vega	Formecol	forja	Andrés Vega
EDUARDO CASTAÑEDA	FORMECOL	forja	Eduardo Castañeda
Rubén Darío Ruiz	formecol	forja	Rubén Ruiz
Jorge Alvarez León	Formecol	forja	Jorge A.
Jorge E. Serrano R.	Formecol	corte	Jorge E. Serrano R.
CARLOS RIVERA	FORMECOL	PRODUCCION	Carlos Rivera
Leonardo Valencia Villa	MECACOL	Almacen	Leonardo Valencia
Edwing Guesada Duarte	Sistecal	Calidad	Edwing Guesada
Walter Andrés Acosta	calidad procesos	terceria	Walter Acosta





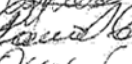
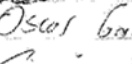
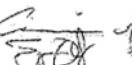


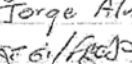



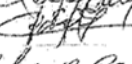
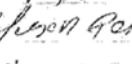
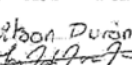
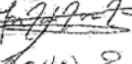
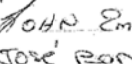
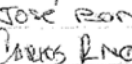
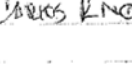

REPORTE DE CAPACITACION

TEMA DE LA CAPACITACION Capacitación práctica Seis Sigma (OEP) - Operarios (Turno 2)
 FECHA 31 de marzo de 2009 FORMECOL.
 HORA 12:00 m. TIEMPO DE CAPACITACIÓN: 2 horas
 CAPACITADOR Iván Darío Serrano Guerra - Lilian Andrea Alvarez Cárdenas

PARTICIPANTES	EMPRESA	AREA O SECCION	FIRMA DE ASISTENCIA
Julio Torres.	Formecol.	Forja.	<i>[Signature]</i>
Sergio José	Formecol.	Forja	<i>[Signature]</i>
Oscar Gorro	Formecol	COITE	Oscar Gorro
Felix Gomez	Formecol	forja	Felix Gomez
Gustavo Muntilla	Formecol	Forja	<i>[Signature]</i>
Daniel Camacho	Formecol	Forja	<i>[Signature]</i>
CARLOS D. PIMIENTO	SISTECAL	Calidad	<i>[Signature]</i>
SERGIO ALVARADO T	FORMECOL	COITE	<i>[Signature]</i>
Jose celis.	"	Produccion	<i>[Signature]</i>
Abelardo inon sullivan	"	Forja	<i>[Signature]</i>
wilson Durán Gutierrez	"	Forja	wilson Durán G.
Heman Escamilla Anaya	Calidad y Procesos	Matriceria	<i>[Signature]</i>
OCTAVIO ANBARITA PEÑA	TECMAIND	MANTENIMIENTO	<i>[Signature]</i>
Richard Andrey Vargas A	Formecol	forja	<i>[Signature]</i>

REPORTE DE CAPACITACION

TEMA DE LA CAPACITACION Capacitación Técnica CEP
 FECHA 1 de Abril de 2009
 HORA 11:00 am TIEMPO DE CAPACITACIÓN: 2 1/2 horas
 CAPACITADOR Ulises A. Alvarez - Iván Serrano G.

PARTICIPANTES	EMPRESA	AREA O SECCION	FIRMA DE ASISTENCIA
Jenny Puerto González	Sistecal	SEC	
Arturo Sánchez Pérez	Formecal	FORJA	
Jesús Paredes Aranda	Formecal	FORJA	
Carlos Andrés Castillo	Formecal	FORJA	
Daniel Comacho R.	Formecal	FORJA	
Oscar Javier Gorio	Formecal	CORTE	
Cecilia Rosales	Formecal	Corte	
Ernesto Durán	FORCOL	ADJUN	
Edgar Cáceres Herrera	Formecal	FORJA	
Jorge Alvarez Leon	Formecal	FORJA	
Sigifredo Perez	Formecal	FORJA	
Jesús A. Chacón	FORCOL	Ingeniería	
Luis Saupé	FORCOL	GERENCIA	
FRANCISCO VESPA	Formecal	PRODUCCION	
Jose E. Celis	Formecal	PRODUCCION	
YEISON FERNEY PEREZ	FORMECAL	PRODUCCION	
Wilson Alberto Durán G.	Formecal	Producción	
Orlando Cesar Jimenez	Formecal	FORJA	
JOHN Emerson Perez	Formecal	Producción	
Jose Ramon	Formecal	FORJA	
CARLOS RIVERA	FORMECAL	PRODUCCION	



ANEXO M

CARTA DE FORCOL SOBRE EL PLAN DE IMPLEMENTACION DEL CEP



FORCOL LTDA

Bucaramanga, 21 de Octubre de 2009

Señores

ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Distinguidos señores,

Por medio de la presente, deseo dar a conocer que las acciones de mejora relacionadas con el proyecto "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS EN LA EMPRESA FORCOL LTDA", desarrollado por los estudiantes Lilián Andrea Álvarez Cárdenas e Iván Darío Serrano Guerra, han sido muy beneficiosas para la empresa. Las cartas de control estadístico, van a ser validadas una vez la empresa reinicie actividades en enero del año próximo, según lo establecido por el cronograma de ventas y el programa de producción, dado que el cierre de operaciones del año en curso será el próximo 30 de octubre de 2009.

Es importante destacar que las mejoras planteadas por el proyecto han sido estudiadas por el Equipo CEP llegando a la conclusión de que sus beneficios son indiscutibles.

Cordialmente,


LUIS ALBERTO SANTOS CASTAÑEDA
Gerente de planta


GIOVANNI ARTURO PARRA ORTIZ
Coordinador de producción

Parque Industrial Etapa Km 7. Vía palenque – Café Madrid

Tel: 6761028 Fax: 6761054

Bucaramanga - Colombia



ANEXO N

CARTA DE CERTIFICACIÓN DE LA EMPRESA



FORCOL LTDA

Bucaramanga, 21 de Octubre de 2009

Señores

ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Distinguidos señores,

Me permito manifestar que los estudiantes de Ingeniería industrial de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la UIS que se relacionan a continuación, cumplieron con éxito los objetivos e hicieron entrega de las evidencias de la práctica empresarial titulada "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS EN LA EMPRESA FORCOL LTDA".

Nombre	Cédula de Ciudadanía	Código Estudiante
Lilián Andrea Álvarez Cárdenas	1.095.908.089	2030412
Iván Darío Serrano Guerra	1.098.602.095	2030510

Así mismo, solicito la confidencialidad del proyecto.

Cordialmente,

LUIS ALBERTO SANTOS CASTAÑEDA

Gerente de planta

Parque Industrial Etapa Km 7. Vía palenque – Café Madrid

Tel: 6761028 Fax: 6761054

Bucaramanga - Colombia