



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

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD A TRAVÉS DEL CONTROL
ESTADÍSTICO EN MINITAB, PARA LA DISMINUCIÓN DE LA VARIABILIDAD DE LA
OPERACIÓN, EN UNA INDUSTRIA METALMECÁNICA AUTOMOTRIZ**

Luis Alfredo Gómez Ventura

Asesorado por el Ing. Herman Biceldo Quezada Elías

Guatemala, mayo de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD A TRAVÉS DEL CONTROL
ESTADÍSTICO EN MINITAB, PARA LA DISMINUCIÓN DE LA VARIABILIDAD DE LA
OPERACIÓN, EN UNA INDUSTRIA METALMECÁNICA AUTOMOTRIZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LUIS ALFREDO GÓMEZ VENTURA

ASESORADO POR EL ING. HERMAN BICELDO QUEZADA ELÍAS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MAYO 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
EXAMINADORA	Inga. María Eugenia Aguilar Bobadilla
EXAMINADORA	Inga. Laura Rosmery Briones Zelada
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD A TRAVÉS DEL CONTROL ESTADÍSTICO EN MINITAB, PARA LA DISMINUCIÓN DE LA VARIABILIDAD DE LA OPERACIÓN, EN UNA INDUSTRIA METALMECÁNICA AUTOMOTRIZ

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 7 de febrero de 2017.

Luis Alfredo Gómez Ventura

Guatemala 05 de marzo de 2019

Ingeniero

Juan José Peralta Dardón

Director

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial.

Faculta de Ingeniería

Universidad de San Carlos de Guatemala.

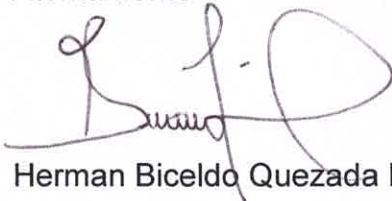
Estimado Ing. Peralta Dardón:

Por este medio hacemos constar que apruebo la tesis elaborada por el estudiante LUIS ALFREDO GÓMEZ VENTURA, quien tiene carnet o registro estudiantil 2009-20084 y DPI 1605 60810 0108, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala y quien elaboró la tesis en esta empresa, con el título:

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD A TRAVÉS DEL CONTROL ESTADÍSTICO EN MINITAB, PARA LA DISMINUCIÓN DE LA VARIABILIDAD DE LA OPERACIÓN, EN UNA INDUSTRIA METALMECÁNICA AUTOMOTRIZ.

Por lo tanto, apruebo la misma y sin otro particular, quedo de usted,

Atentamente



Herman Biceldo Quezada Elias

Ingeniero Industrial

Colegiado número 5448

Herman Biceldo Quezada Elias
INGENIERO INDUSTRIAL
Colegiado 5,448



REF.REV.EMI.056.019

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DESARROLLO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD A TRAVÉS DEL CONTROL ESTADÍSTICO EN MINITAB, PARA LA DISMINUCIÓN DE LA VARIABILIDAD DE LA OPERACIÓN, EN UNA INDUSTRIA METALMECÁNICA AUTOMOTRIZ**, presentado por el estudiante universitario **Luis Alfredo Gómez Ventura**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Andrea Cristina Vivas Ortega
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Andrea Cristina Vivas Ortega
Ingeniera Industrial
Colegiada No. 13,736

Guatemala, mayo de 2019.

/mgp



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.DIR.EMI.127.021

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DESARROLLO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD A TRAVÉS DEL CONTROL ESTADÍSTICO EN MINITAB, PARA LA DISMINUCIÓN DE LA VARIABILIDAD DE LA OPERACIÓN, EN UNA INDUSTRIA METALMECÁNICA AUTOMOTRIZ**, presentado por el estudiante universitario **Luis Alfredo Gómez Ventura**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Firmada digitalmente por Cesar Ernesto Urquizu Rodas
Motivo: Ingeniero Industrial
Ubicación: Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería
Mecánica Industrial, USAC
Colegiado 4,272

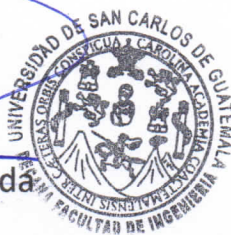
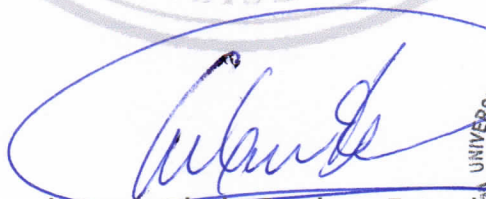
Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, noviembre de 2021.
/mgp

DTG. 667.2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DESARROLLO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD A TRAVÉS DEL CONTROL ESTADÍSTICO EN MINITAB, PARA LA DISMINUCIÓN DE LA VARIABILIDAD DE LA OPERACIÓN, EN UNA INDUSTRIA METALMECÁNICA AUTOMOTRIZ**, presentado por el estudiante universitario: **Luis Alfredo Gómez Ventura**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, noviembre de 2021

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Mi madre

Por cuidar de mí, de casa y de mis mascotas mientras yo estudiaba. Por estar ahí, en silencio, dándome todo su soporte, que sirvió de alivio y de motivación para concluir este ciclo.

Mi hermano y hermanas

Para que dediquen su vida a lo que les apasiona y que nunca saquen de su cabeza y corazón lo que anhelan para su vida.

Mis sobrinos y sobrinas

Para que mi ejemplo les enseñe más que mis palabras. Que sepan que día a día se aprenden cosas nuevas y es importante aplicarlos para mejorar las condiciones propias y de nuestros semejantes.

AGRADECIMIENTO A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por la oportunidad de aprender y crecer como ser humano.
Facultad de Ingeniería	Por albergarme como estudiante y permitirme absorber todo lo bueno cuanto fue posible.
Ing. Biceldo Quezada	Por su apoyo y motivación para finalizar este trabajo de graduación.
Ciudadanos correctos	Por aportar a diario con su arduo trabajo, para que miles de guatemaltecos como yo, tengan acceso a la educación universitaria.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS	XVII
HIPÓTESIS	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	1
1.1. Acerca de la empresa	1
1.1.1. Reseña histórica de la empresa	1
1.1.2. Misión	2
1.1.3. Visión	2
1.1.4. Estructura organizacional.....	2
1.1.5. Distribución del personal	3
1.1.6. Ubicación geográfica.....	5
1.2. Aspectos de la industria metalmecánica automotriz.....	6
1.2.1. Clases de vehículos que atienden.....	6
1.2.2. Estadísticas de servicios	7
1.3. Aspectos de capacitación del personal	8
1.3.1. Capacitación del personal por área o departamento	9
1.3.2. Documentación de la capacitación	9

1.4.	Vigencia de la empresa en el mercado	10
1.4.1.	Principales clientes	10
1.4.2.	Principales proveedores	11
2.	PROCESO ACTUAL DE LA INDUSTRIA METALMECÁNICA AUTOMOTRIZ	13
2.1.	Proceso mecánico.....	13
2.1.1.	Descripción del proceso	13
2.1.1.1.	Maquinaria.....	14
2.1.1.2.	Materia prima.....	14
2.1.1.3.	Entorno del área de trabajo.....	15
2.1.2.	Personal que interviene en el proceso	16
2.1.2.1.	Formación técnica o académica del trabajador.....	16
2.1.2.2.	Capacitación que la empresa brinda al trabajador	17
2.1.3.	Diagrama de flujo actual	17
2.1.4.	Análisis de Pareto sobre operaciones mecánicas	20
2.2.	Proceso de enderezado y preparado	21
2.2.1.	Descripción del proceso	21
2.2.1.1.	Maquinaria.....	21
2.2.1.2.	Materia prima.....	22
2.2.1.3.	Entorno del área de trabajo.....	23
2.2.2.	Personal que interviene en el proceso	23

	2.2.2.1.	Formación técnica o académica del trabajador	23
	2.2.2.2.	Capacitación que la empresa brinda al trabajador	24
	2.2.3.	Diagrama de flujo actual.....	24
	2.2.4.	Análisis de Pareto sobre operaciones de enderezado.....	29
2.3.		Proceso de pintura y pulido	30
	2.3.1.	Descripción del proceso	30
	2.3.1.1.	Maquinaria	30
	2.3.1.2.	Materia prima	31
	2.3.1.3.	Entorno del área de trabajo	31
	2.3.2.	Personal que interviene en el proceso	32
	2.3.2.1.	Formación técnica o académica del trabajador	32
	2.3.2.2.	Capacitación que la empresa brinda al trabajador	32
	2.3.3.	Diagrama de flujo actual.....	33
	2.3.4.	Análisis de Pareto sobre operaciones de pintura.....	36
2.4.		Proceso de armado	37
	2.4.1.	Descripción del proceso	37
	2.4.1.1.	Maquinaria	37
	2.4.1.2.	Materia prima	37
	2.4.1.3.	Entorno del área de trabajo	38

2.4.2.	Personal que interviene en el proceso	38
2.4.2.1.	Formación técnica o académica del trabajador	38
2.4.2.2.	Capacitación que la empresa brinda al trabajador	39
2.4.3.	Diagrama de flujo actual	39
2.4.4.	Análisis de Pareto sobre operaciones de armado	42
2.5.	Proceso de administrativo	43
2.5.1.	Descripción del proceso	43
2.5.1.1.	Entorno del área de trabajo.....	43
2.5.2.	Personal que interviene en el proceso	44
2.5.3.	Diagrama de flujo actual	45
2.5.4.	Análisis del proceso administrativo	47
3.	PROCESOS CLAVE PARA EL CONTROL ESTADÍSTICO EN MINITAB	49
3.1.	Selección de procesos clave	49
3.1.1.	Personal que interviene en el control del proceso	50
3.2.	Procesos a controlar por variables	50
3.2.1.	Selección de muestra	51
3.2.2.	Aspectos a considerar en la selección de la muestra.....	52
3.2.3.	Tipo de gráfico a utilizar.....	53

3.2.4.	Cálculo de los límites de control.....	53
3.3.	Procesos a controlar por atributos	54
3.3.1.	Selección de muestra.....	55
3.3.2.	Aspectos a considerar en la selección de la muestra	56
3.3.3.	Tipo de gráfico a utilizar	56
3.3.4.	Cálculo de los límites de control.....	57
3.4.	Temporalidad a evaluar	61
3.4.1.	Procesos por atributos	61
3.4.2.	Procesos por variables.....	62
4.	ANÁLISIS DE VARIABILIDAD DE LOS PROCESOS CLAVE DE LA INDUSTRIA METALMECÁNICA MEDIANTE CONTROL ESTADÍSTICO	63
4.1.	Evaluación de procesos por atributos	63
4.1.1.	Tipos de error considerados.....	67
4.1.2.	Fuentes de errores.....	69
4.1.3.	Posibles alternativas de solución	70
4.2.	Evaluación de procesos por variables.....	72
4.2.1.	Tipos de error considerados.....	73
4.2.1.1.	Fuentes de errores	74
4.2.1.2.	Posibles alternativas de solución.....	76
4.3.	Evaluación del tipo de gráfico por proceso	76
4.3.1.	Variables evaluadas	79

4.3.2.	Método de medición de variables	81
4.3.2.1.	Instrumentos de medición	82
4.4.	Evaluación de los límites de control estadístico por proceso	83
4.4.1.	Procesos por variables	84
4.4.2.	Principales hallazgos	84
4.4.3.	Procesos por atributos	85
4.5.	Alimentación del Minitab para obtención de gráficos	87
4.5.1.	Dueños de los procesos.	88
4.5.2.	Temporalidad.....	88
4.6.	Análisis de gráficos en Minitab por proceso.	89
4.7.	Análisis de Ishikawa de las 6M en la variabilidad de los procesos actuales	90
5.	SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD MEDIANTE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS EN MINITAB DE LA INDUSTRIA METALMECÁNICA AUTOMOTRIZ.....	93
5.1.	Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) mediante control estadístico	93
5.2.	Cómo mantener un SGI	94
5.3.	Planificar	94
5.3.1.	Una decisión de la dirección	94
5.3.2.	Establecer la política de calidad y sus objetivos	94
5.4.	Hacer	96

5.4.1.	Capacitar al equipo de colaboradores y promover su liderazgo.....	96
5.4.1.1.	Beneficios para la empresa	98
5.4.1.2.	Beneficio para los clientes externos	99
5.4.2.	Áreas y procesos de la organización bajo control estadístico	100
5.4.3.	Establecer el medio por el que se documentará.....	101
5.5.	Verificar	102
5.5.1.	Evaluación de desempeño de la organización	102
5.6.	Actuar.....	103
5.6.1.	Oportunidades de mejora de procesos.....	104
5.6.2.	Mejora.....	109
CONCLUSIONES		111
RECOMENDACIONES.....		113
BIBLIOGRAFÍA.....		115
APÉNDICES.....		117

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Estructura organizacional de taller Spectra	3
2.	Distribución de personal en taller Spectra	4
3.	Ubicación geográfica de taller Spectra	6
4.	Cantidad de servicios por tipo al mes.....	7
5.	Diagrama de flujo del área mecánica	18
6.	Diagrama de Pareto de operaciones.....	20
7.	Diagrama de flujo de área de enderezado	25
8.	Diagrama de flujo del área de preparado	27
9.	Diagrama de Pareto de operaciones.....	29
10.	Diagrama de proceso de pintura y pulido	34
11.	Diagrama de Pareto de operaciones de pintura	36
12.	Diagrama de flujo del área de armado	40
13.	Diagrama de Pareto de operaciones de armado.....	42
14.	Diagrama de flujo del proceso administrativo.....	45
15.	Mapeo de procesos	49
16.	Selección de la muestra en Minitab	51
17.	Selección del tamaño de la muestra en Minitab	52
18.	Selección del gráfico I-MR para control del tiempo de ciclo	53
19.	Cálculo de los límites de control con Minitab.....	54
20.	Selección de la muestra en Minitab, de procesos controlados por atributos	56
21.	Cálculo de límites de control en Minitab para proceso mecánico.....	57

22.	Gráfico C en proceso de enderezado	58
23.	Gráfico C para proceso de pintura.....	59
24.	Gráfico C de errores en proceso de armado.....	60
25.	Gráfico C de errores en proceso administrativo.....	61
26.	Gráfico C de errores en proceso mecánico	63
27.	Gráfico C de errores en proceso de enderezado	64
28.	Gráfico C de errores en proceso de pintura	65
29.	Gráfico C de errores en proceso de armado.....	66
30.	Gráfico C de errores en proceso administrativo.....	67
31.	Diagrama de Pareto de procesos operativos	71
32.	Gráfico I-MR de tiempo de ciclo.....	72
33.	Gráfico C de errores de proceso de armado.....	77
34.	Prueba de normalidad del tiempo de ciclo de proceso operativo.....	78
35.	Gráfico de valores individuales para tiempos de ciclo.....	79
36.	Histograma de tiempos de ciclo.....	80
37.	Prueba de normalidad del tiempo de ciclo de proceso operativo.....	81
38.	Modelo de instrumento de control de conformidad	82
39.	Modelo de instrumento de consolidado de no conformidades por proceso.....	83
40.	Gráfico de observaciones individuales y rangos móviles de los tiempos de entrega.....	84
41.	Gráfico de puntos de tiempo de ciclo.....	85
42.	Gráfico C de errores en proceso mecánico	86
43.	Gráfico C de errores en proceso de armado.....	87
44.	Representación gráfica de dueños de proceso.....	88
45.	Gráfico de puntos de los tiempos de entrega de órdenes de trabajo	89

46.	Diagrama de ishikawa para analizar las causas de variabilidad del tiempo de entrega.....	91
47.	Ciclo PHVA	93
48.	Actualización de la política de calidad.....	98
49.	Análisis del gap entre ingresos esperados e ingresos reales para un semestre de operación	99
50.	Procesos operativos bajo control estadístico.	101
51.	Análisis de Pareto para los rangos de utilidades por unidad entregada.....	103

TABLAS

I.	Personal que interviene en los procesos clave (operativos).....	50
II.	Atributos a controlar en cada proceso operativos	55
III.	Fuentes de error por proceso clave	69
IV.	Procesos que requieren ser priorizados para la mejora.....	70
V.	Fuentes de errores bajo la herramienta de 7 desperdicios	74
VI.	Análisis de cumplimiento de los requisitos de la política de calidad actual	95
VII.	Instructivo para elaborar la señalización que comunique la política de calidad. Elaborado a partir de la guía de señalización de ambientes y equipos de seguridad de la Conred.....	97
VIII.	Análisis de beneficios y beneficiados con la disminución de la variabilidad de proceso	100
IX.	Modelo de informe A3 para gestión del ciclo PHVA.....	104
X.	Informe A3.....	105

GLOSARIO

6M	Herramienta de calidad para análisis de problemas y representa mano de obra, materia prima, método de medición, maquinaria y equipo, medio ambiente, método de trabajo
Industria metalmecánica automotriz	Servicios relacionados a enderezado, pintura, mecánico, entre otros.
ISO	Siglas para la organización de estándares internacionales.
<i>Lean</i>	Palabra inglesa cuya traducción común es esbelto. Se refiere a un proceso cuyas actividades agregan valor al cliente inmediato siguiente y elimina aquellas que no lo hacen.
Minitab	Software utilizado para análisis estadísticos de procesos.
Seis sigma	Filosofía de trabajo que involucra muchas herramientas de control estadístico de calidad para análisis de procesos.
SGS	Siglas para Sistema de Gestión de Calidad.

Tak time

Tiempo promedio o estándar en que un proceso será terminado y se utiliza clientes, para efectos de planificación y presupuestos.

RESUMEN

El trabajo que se presenta en este documento fue desarrollado gracias al apoyo de la empresa Spectra, quien, a través de su gerente general, fue posible trabajar de la mano de mandos medios y personal operativo.

El contenido versa sobre el planteamiento de un sistema de gestión de la calidad mediante control estadístico, a fin de disminuir la variabilidad del proceso. Se realizó primeramente un mapeo de procesos, enmarcando los procesos estratégicos, operativos y de apoyo. Esto permitió enfocarse en los procesos que otorgan valor a los clientes y obtener información de los dueños de proceso, así como de los mandos medios y de la gerencia, que permitiera analizar el comportamiento actual de los procesos operativos.

Con la información recolectada, se establecieron los procesos que se pueden controlar mediante variables y aquellos que ameritan control estadístico mediante atributos. Con esto se definió el tipo de gráficos para cada uno de ellos y se analizó la variabilidad actual, utilizando el software Minitab, el cual es específico para control estadístico de calidad (SPS, por sus siglas en inglés).

Una vez analizados los gráficos, se procedió a replantear la política de calidad y a establecer los instrumentos, la temporalidad y el método de muestreo simple para obtener la información que debe estar documentada y el método de análisis y las personas que deben participar en la construcción de los planes de mejora.

Se analizaron las brechas en las cuales tiene impacto la variabilidad del proceso, siendo las utilidades brutas de la empresa y, finalmente se plantea el instrumento denominado Informe A3, que debe ser liderado por un colaborador con competencias técnicas en control estadístico de calidad.

OBJETIVOS

General

Desarrollo de un sistema de gestión de calidad a través del control estadístico en Minitab, para la disminución de la variabilidad de la operación en una industria metalmecánica automotriz.

Específicos

1. Identificar los procesos clave a controlar mediante gráficos de control en Minitab.
2. Clasificar los procesos clave por variables y por atributos.
3. Determinar las variables estadísticas a controlar y sus respectivos gráficos de control a utilizar.
4. Aplicar el control estadístico a los procesos clave mediante el software Minitab para la gestión de la calidad de los procesos clave de industria metalmecánica automotriz.
5. Analizar el comportamiento y variabilidad de los procesos para determinar sus límites de control aceptables.
6. Realizar análisis de comportamiento y causas de variación bajo el esquema 6M en los procesos controlados.

7. Establecer sistema de control de variabilidad de los procesos en la industria metalmecánica.

HIPÓTESIS

General

El control estadístico del proceso permite predecir el comportamiento de las variables o de los atributos, permitiendo realizar acciones basadas en evidencia y que mitiguen las causas cuando exista una variable que exceda los límites de aceptabilidad.

Hipótesis nula

1. Identificar procesos clave en la industria metalmecánica automotriz para controlarlos estadísticamente, permite agregarle valor al producto final.
2. Existen procesos que llevarán un control estadístico con base en variables y otros con base en atributos, lo que permitirá un amplio control estadístico de la calidad del producto final que obtendrá el cliente.
3. Llevar control estadístico mediante un software especializado, permite tener registros históricos y generar análisis a diversas temporalidades para analizar el comportamiento que permitan actualizar periódicamente los límites de control basado en las mejoras de los procesos.
4. El control estadístico no se limita a uno solo a la materia prima que intervienen en el proceso de transformación necesaria para lograr el producto final, sino que puede incluirse el control de otros componentes

como la mano de obra, maquinaria, métodos de trabajo, entre otros. Lo que permite un sistema de gestión de calidad más integrado.

INTRODUCCIÓN

La gestión de la calidad tomó relevancia desde la Segunda Guerra Mundial y a partir de estos años, fueron apareciendo grandes precursores como William Edwards Deming, Joseph M. Juran, Armand V. Feigenbaum, Kaoru Ishikawa y Philip B. Crosby, quienes se dedicaron a demostrar diversas teorías enfocadas a la calidad, basándose en controles estadísticos, básicamente de productos que en aquella época, la producción en masa tomó auge.

Actualmente, existen diversos sistemas de gestión de calidad y normas estandarizadas como las Normas ISO. Sin embargo, el control estadístico no siempre es implementado en la industria para documentar el comportamiento de los procesos y respaldar la toma de decisiones basadas en evidencia.

Un sistema de gestión de calidad, a través de control estadístico en Minitab, busca implementar herramientas de ingeniería en combinación con herramientas informáticas para facilitar el registro, análisis y mejora de la variabilidad de la operación en el proceso de la industria metalmecánica de la industria automotriz, teniendo como beneficio principal el respaldo para la toma de decisiones para la optimización de recursos financieros y no financieros, orientados a la mejora.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1. Acerca de la empresa

Taller Spectra, ubicado en ciudad de Guatemala, es una empresa de la industria metalmecánica automotriz. Sus servicios incluyen la reparación mecánica de vehículos, enderezado y pintura de piezas que lo requieran, para recuperar la funcionalidad y diseño original de aquellos que han sufrido algún percance que haya afectado su funcionamiento mecánico o aspecto visual de alguna pieza.

Actualmente, Spectra pertenece a la gremial de talleres de enderezado y pintura de la Cámara de la Industria, lo que le permite estar involucrados y actualizados en la industria.

1.1.1. Reseña histórica de la empresa

Taller Spectra Center fue fundada en 2005, pensado en innovar con las nuevas tendencias de tecnología para el enderezado y pintura automotriz en Guatemala. Nació de la visión de sus fundadores y de la necesidad, en aquel entonces, de mejorar el servicio en la reparación automotriz, buscando la innovación y el liderazgo en el mercado. El primer local se ubicó sobre la 25 avenida de la zona 11 y actualmente, cuenta con otro taller en la 19 avenida de la zona 11 del municipio de Guatemala.

Taller Spectra fue el primer taller certificado en utilizar sistemas tecnológicos para reparación de piezas de aluminio. Actualmente, la empresa cuenta con equipo de punta en ambas instalaciones, lo que permite realizar un trabajo de calidad y cumplir con las demandas de sus clientes, bajo el enfoque de la mejora continua para la satisfacción de sus clientes.

1.1.2. Misión

Buscar la mejora continua y la entera satisfacción del cliente utilizando personal capacitado, procesos eficientes, herramientas, equipo y materiales de calidad, actuando con responsabilidad, honestidad, transparencia y espíritu de servicio.

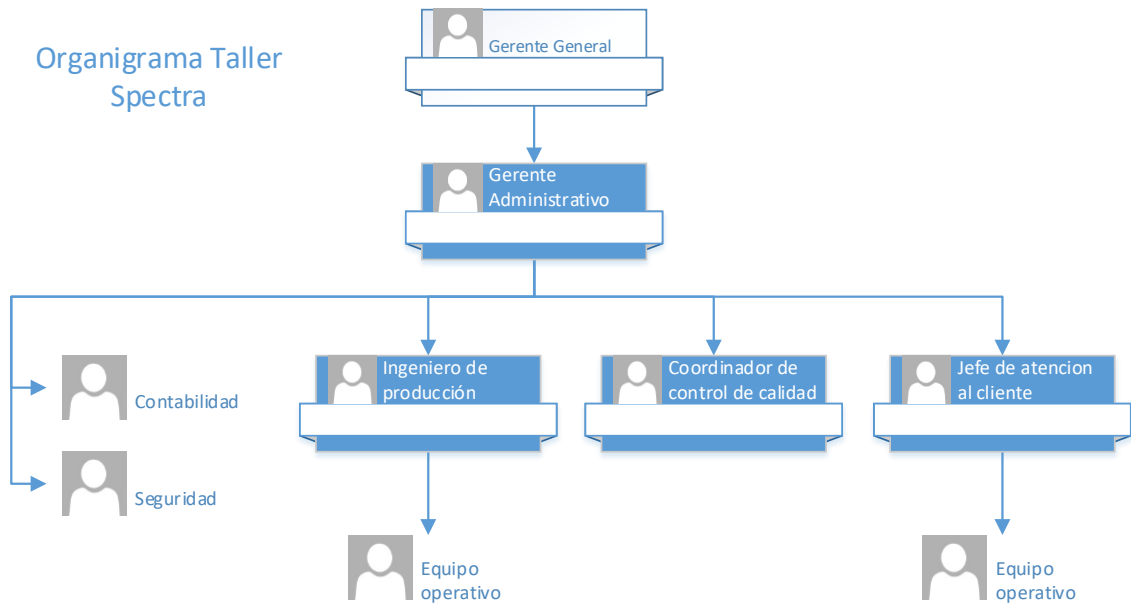
1.1.3. Visión

Ser para nuestros clientes la mejor opción en enderezado y pintura automotriz, en calidad, tiempo y servicio.

1.1.4. Estructura organizacional

La estructura organizacional de Spectra está liderada por el gerente general, apoyado por gerencia administrativa y está a la vez por jefaturas como mandos medios, según se observa en el siguiente organigrama, para la gestión de las operaciones a las que se dedica la empresa.

Figura 1. Estructura organizacional de taller Spectra

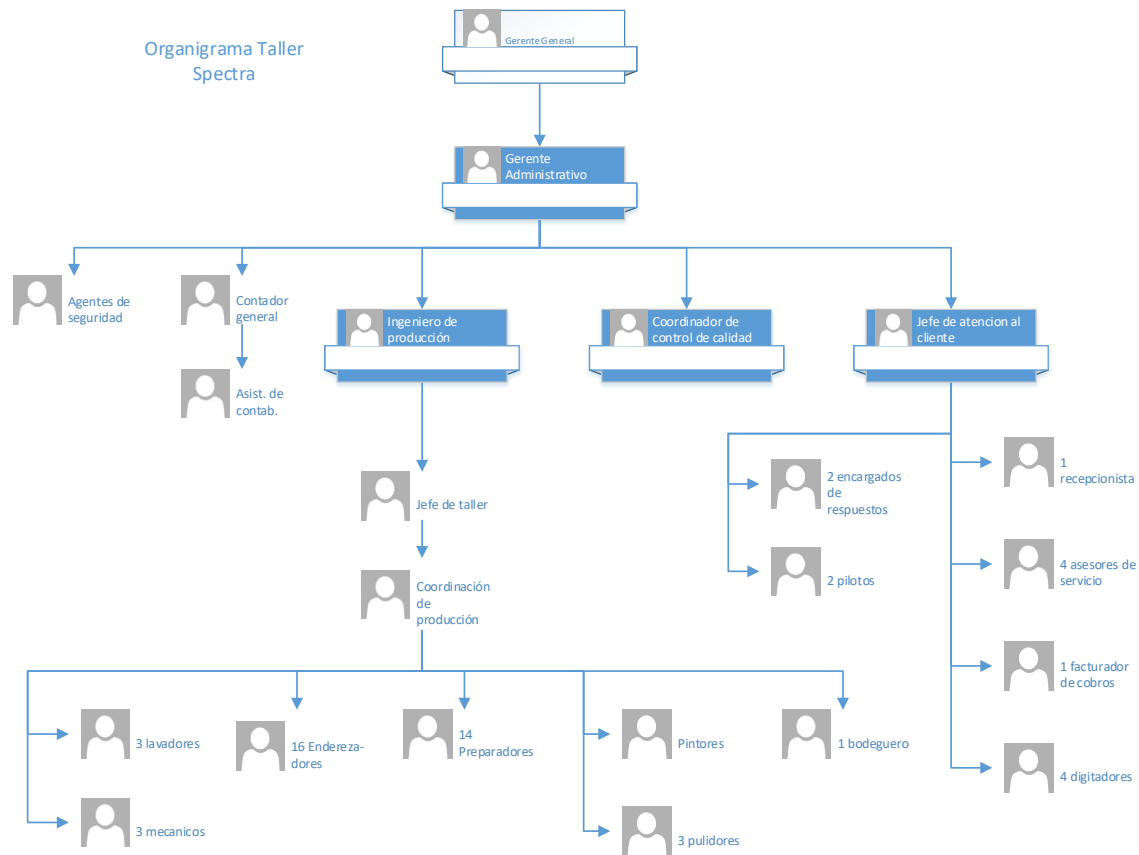


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2016.

1.1.5. Distribución del personal

De acuerdo a la demanda actual de servicio en taller Spectra, el personal operativo, gerencias y jefaturas están distribuidas de la siguiente manera en jerarquía y cantidad.

Figura 2. **Distribución de personal en taller Spectra**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2016.

El ingeniero de producción está a cargo del trabajo medular de la empresa, teniendo a cargo la producción de los servicios solicitados por los clientes, para que sean entregados en tiempo y calidad que el usuario espera.

La coordinación de calidad verifica que los estándares establecidos por la empresa sean alcanzados y se entregue al cliente un buen servicio. El alcance de esta coordinación se limita a los procesos de transformación física. Los aspectos de documentación no están a cargo de esta coordinación

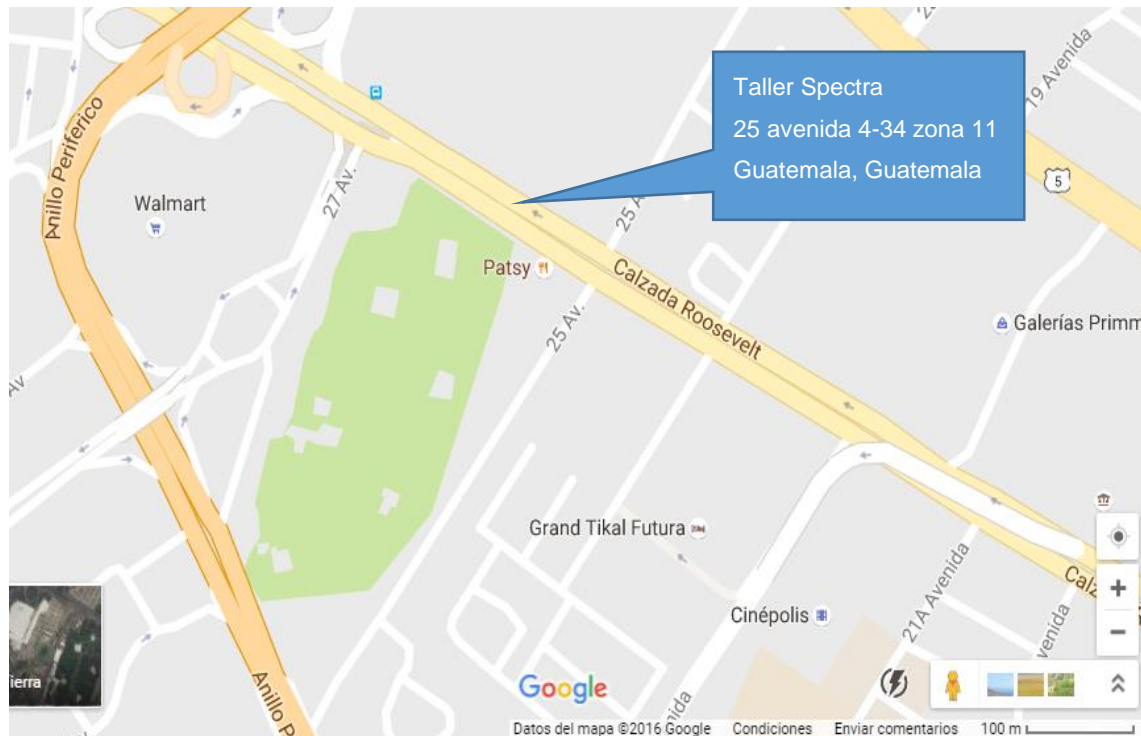
Por último, la jefatura de atención al cliente es la encargada de la recepción, seguimiento y culminación del proceso administrativo y documental de los clientes. En esta jefatura se recibe, mantiene informado y se hace la facturación de los servicios prestados por Spectra a sus clientes.

La seguridad reporta directamente a la gerencia administrativa, así como el área contable, a cargo de un contador general. Este realiza la función de resguardar las instalaciones y vehículos que son encargados a la empresa por sus clientes, como de los bienes de la empresa a nivel interno para evitar que sean sustraídos.

1.1.6. Ubicación geográfica

Taller Spectra está ubicado en la 25 avenida 4-34 de la zona 11 de la ciudad de Guatemala. A continuación, se presenta un recorte de *Google Maps*, el cual muestra la ubicación referenciada. Esta ubicación permite un fácil acceso por la calzada Roosevelt como por el Anillo Periférico de la ciudad de Guatemala.

Figura 3. **Ubicación geográfica de taller Spectra**



Fuente: Taller Spectra. <https://goo.gl/maps/HDfu1C6Do6N8Zez77>. Consulta: marzo de 2017.

1.2. Aspectos de la industria metalmecánica automotriz

En esta sección se detallará la forma en que opera el taller, incluyendo las clases de vehículos y tipos de trabajos que realiza.

1.2.1. Clases de vehículos que atienden

Taller Spectra atiende reparaciones de enderezado y pintura automotriz rápidas, para todo tipo de vehículo particular reciente, así como a flotillas de

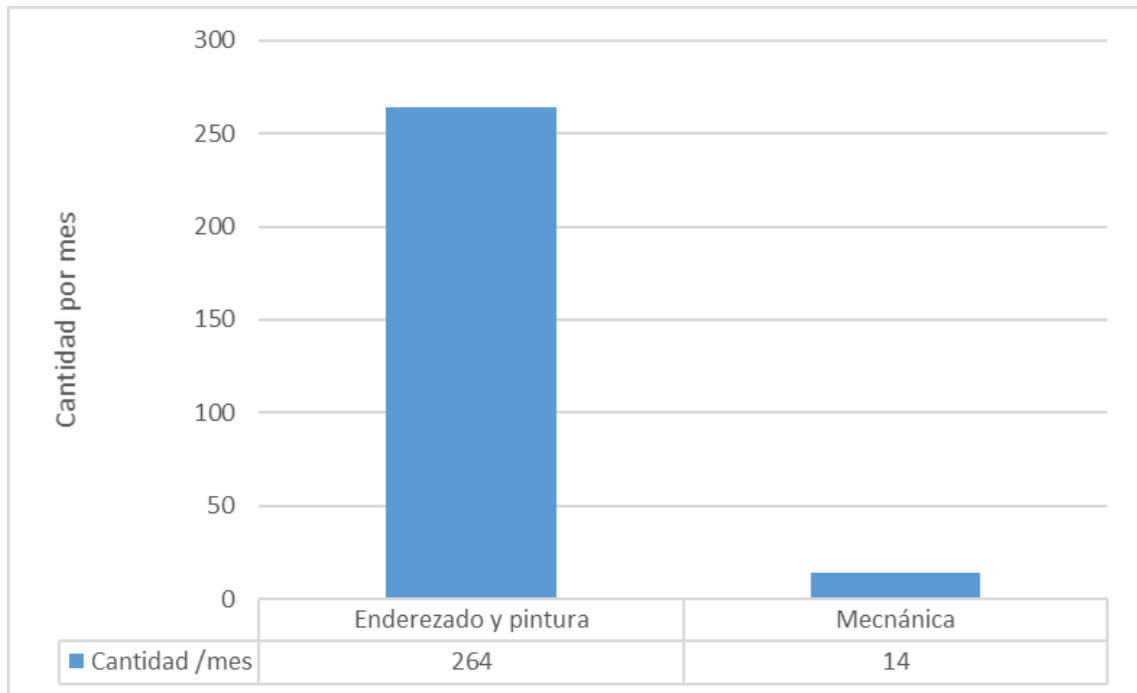
paneles y *pick ups* de todas las marcas, enfocados a modelos del 2002 en adelante.

1.2.2. Estadísticas de servicios

De acuerdo con datos que maneja la gerencia, en promedio se trabajan 70 vehículos semanales en todo el taller para un total de 278 servicios al mes, teniendo un 95 % solo en el área de enderezado y un 5 % restante en el área de mecánica.

A continuación, se presenta la figura 4 de los datos mencionados:

Figura 4. Cantidad de servicios por tipo al mes



Fuente: elaboración propia.

1.3. Aspectos de capacitación del personal

Las capacitaciones son gestionadas por el gerente administrativo, enfocándose en dos áreas:

- Capacitaciones técnicas: la gerencia administrativa gestiona capacitaciones para las diferentes áreas que tiene la empresa, buscando actualizar la tecnificación del equipo de colaboradores. De esta manera realiza al menos tres capacitaciones para cada uno de las áreas: mecánico, enderezado, preparado, pintura, pulido y equipo técnico de gestión.
- Capacitaciones en liderazgo y motivación: por otro lado, se gestionan capacitaciones dirigidas a todo el equipo independientemente de su formación técnica, con el objetivo de elevar el liderazgo y mejorar las relaciones humanas dentro del equipo de colaboradores. Asimismo, se busca estimular la motivación del equipo y mejorar la productividad de cada departamento.

Spectra forma parte de la gremial de talleres de enderezado y pintura de la Cámara de la industria, es en esta instancia y con articulación con Intecap, en donde la gerencia administrativa gestiona la formación del personal. La continua actualización y preparación del equipo permite mantener un ambiente de trabajo en la que se logra sinergia de las diferentes áreas y clientes satisfechos.

1.3.1. Capacitación del personal por área o departamento

Las capacitaciones de carácter técnico se realizan de forma separada por área, es decir, por un lado, se especializa el equipo mecánico, por otro el de pintura, en diferente evento se capacita el personal de enderezado, y así sucesivamente.

Asimismo, existen las capacitaciones en las que se incluye a todo el equipo sin importar el área o departamento, en estos casos son las que están dirigidas a liderazgo y motivación.

1.3.2. Documentación de la capacitación

Actualmente, el procedimiento para documentar la capacitación no se establece en ningún manual y norma de la institución, por lo que el equipo de mandos medios y superiores conocen a quien enviar o a quienes han enviado a formación sin requerir ninguna información documentada.

En este aspecto, la empresa busca la implementación de un sistema de calidad para establecer los procedimientos para evidenciar, documentalmente, las capacitaciones que va realizando con sus colaboradores. Esto le permitiría, ante cualquier circunstancia, sustentar la actualización y tecnificación de su equipo para lograr competir en la industria con otras empresas. Diversos sistemas de gestión toman como base la capacitación y actualización de los trabajadores para lograr mejores resultados.

Es sin duda alguna, la capacitación una enorme herramienta que permite a la empresa mejorar su producción y fortalecer la calidad de sus productos y servicios, esto garantiza que el cliente o usuario final esté satisfecho.

1.4. Vigencia de la empresa en el mercado

Desde su fundación hasta la presente fecha, taller Spectra ha logrado un crecimiento sustancial, lo que le ha permitido ser altamente competitivo en la industria metalmecánica automotriz, y agenciarse de un amplio portafolio de clientes individuales y empresas que confían en el trabajo realizado por la empresa.

Actualmente, trabaja para cinco aseguradoras más, los clientes individuales que conocen de su calidad de trabajo y contratan sus servicios.

Las aseguradoras son una industria que tiene un amplio mercado, dado que el parque vehicular del país ha incrementado sustancialmente, esto hace que, naturalmente, exista más demanda de servicios que la empresa presta. Es importante resaltar que han surgido una serie de microempresas dedicadas a la industria metalmecánica automotriz, sin embargo, la competencia de Spectra siempre ha sido la calidad de su trabajo.

1.4.1. Principales clientes

En la actualidad, Spectra es taller afiliado a una amplia gama de entidades dedicadas a prestar el servicio de aseguramiento contra daños o colisiones para todo vehículo. Siendo las principales:

- Seguros El Roble.
- Aseguradora General.
- Seguros G & T.
- Aseguradora La Ceiba.
- Aseguradora Rural.

Estas agencias, por su naturaleza, no cuentan con un taller propio para desarrollar todo el proceso metalmecánico automotriz de alta calidad y rapidez, por lo que les es necesario subcontratar este servicio con especialistas que garanticen la satisfacción de los clientes. Dentro de las aseguradoras con las que Spectra trabaja están:

- Transequipos (Land y Range Rover).
- Didea (Mazda).
- Ivesa (Mazda).
- Panamotor (Nissan).
- Oriental Motores (Subaru y Citroën).
- Global Motors (*Great Wall*).

Por otro lado, se atienden clientes particulares que conocen la calidad del trabajo realizado en Spectra, por lo que confían en el producto final que van a recibir.

La atención y el proceso de atención de clientes particulares y de clientes corporativos, es el mismo, lo que garantiza que todos los clientes son atendidos con la misma calidad. Esto garantiza que la empresa atraiga más clientes particulares.

1.4.2. Principales proveedores

Se tiene variedad de proveedores clasificados según el tipo de productos o materia prima que se utiliza. Asimismo, las aseguradoras tienen un portafolio de clientes que cotizan las piezas o accesorios que les permiten un proceso de compra mucho más competitivo. Actualmente, se tienen las siguientes categorías por de acuerdo al siguiente detalle:

- En pintura: Sherwin Williams ha instalado un laboratorio de preparación de colores dentro de las instalaciones de taller Spectra, lo que permite abastecerse oportunamente y con mínimo margen de error de la pintura necesaria para prestar el servicio de pintura de vehículos.
- En materiales: Impac y El Matiz.
- En lijas: Norton y 3M. Se adquiere variedad de lijas, dado que en el proceso de preparado se consume diferentes calibres para lograr trabajos prolijos y de la calidad que permita una pintura duradera y bien acabada.
- En equipo: Etapel de México y Remsa.
- En repuestos originales: agencias de diferentes casas automotrices.
- En repuestos genéricos: FPK, Mayen y Moauto son los proveedores de las piezas que el taller ofrece a sus clientes particulares y corporativos. Ocasionalmente, las aseguradoras también tienen su portafolio de proveedores, por lo que se ingresa a competir por la venta de repuestos.

2. PROCESO ACTUAL DE LA INDUSTRIA METALMECÁNICA AUTOMOTRIZ

2.1. Proceso mecánico

Es el proceso mediante el cual se realizan las reparaciones de tipo mecánico al vehículo. Cuando ingresa un vehículo al taller, el asesor de servicio debe consultar con el cliente si necesita alguna reparación mecánica, por lo que dependiendo de la solicitud del cliente, puede realizarse servicios, tales como reparación o cambio de radiador, cambio de cargadores de motor, cambio de muletas, alineación, entre otros.

Por lo general, solo el 5 % de los servicios que presta taller Spectra son específicamente mecánicos. Sin embargo, es una proporción que requiere que se tenga al menos un mecánico de planta que realice los trabajos requeridos a diario por los clientes.

2.1.1. Descripción del proceso

A continuación, se presenta de forma desglosada el proceso y los recursos involucrados en el proceso mecánico. Para obtener esta información detallada, fue necesario implementar el método de observación directa, contando con el apoyo de la gerencia y personal técnico de taller Spectra.

2.1.1.1. Maquinaria

El taller cuenta con herramientas necesarias para desarrollar trabajos simples y complejos a nivel mecánico, haciendo uso de equipo como: triquets, tubos, tornillos, medidores, martillos, gato hidráulico, juego de copas, juego de llaves, juego de desarmadores y otras herramientas especiales para trabajos mecánicos. El servicio de alineado y balanceo se realiza mediante subcontratación en Vitatrac para garantizar un buen trabajo, debido a que Spectra no se especializa en este servicio y es necesario realizar una entrega final al cliente que lo deje satisfecho.

La maquinaria utilizada dentro del taller Spectra es manejada y cuidada por el equipo de colaboradores, de manera que esta funcione en óptimas condiciones y logre acabados de calidad. Los colaboradores tienen los conocimientos teóricos y técnicos que permiten el bueno uso y manejo de la maquinaria y equipos. Adicionalmente, el supervisor y jefe de taller están siempre inspeccionando el desempeño del personal y el cuidado que den al equipo.

2.1.1.2. Materia prima

Los materiales básicamente son grasas, aceites, tornillos, piezas mecánicas y el vehículo en sí, el cual recibe el proceso de reparación transformando a este en el *input* y en el *output*.

La materia prima se almacena en bodega de Spectra y es despachada mediante solicitud directa que realiza el trabajador con la aprobación de supervisor o jefe de taller. El encargado de bodega verifica que los materiales que entregue al trabajador estén en las condiciones óptimas (no rayadas, quebradas o deterioradas) y sean resguardados mediante buenas prácticas de

almacenaje, lo que permite que el vehículo sea trabajado con materiales de alta calidad.

Por otro lado, la gerencia administrativa cuida que las compras de materiales y suministros se realicen a proveedores que puedan garantizar materia prima de calidad, pues depende de los materiales que se utilicen, la calidad de producto o servicio final que se logre.

Es importante resaltar que el equipo técnico tiene una perceptible habilidad para identificar la calidad de los materiales, puesto que, en el desarrollo del trabajo manual, identifican el acabado que dejan los materiales. Por ejemplo, cuando lijan con materiales de una gama de baja calidad, el preparador necesitará invertir más tiempo en lograr el acabado ideal y, como contraparte, cuando este utiliza lijas de una gama de alta calidad, logrará desgastar la masilla de una forma fácil y con menos inversión de tiempo.

2.1.1.3. Entorno del área de trabajo

Se dispone de al menos 10 parqueos de tamaño 2,5 por 4,8 metros de ancho por largo respectivamente, en los cuales se desarrollan los trabajos de mecánica automotriz. El área está techada y dispone de un sistema neumático para herramientas que lo requieran. El ruido es moderado y el área cuenta con señalización de advertencia, de prohibición e informativas, por otro lado, tiene colocados equipos de extinción de incendios. Asimismo, el piso es de concreto y de acabado antideslizante, lo cual proporciona al mecánico un área idónea para desempeñarse, debido a que un resbalón podría causar al trabajador una lesión desde pequeña hasta una grave.

La higiene del lugar es cuidada por los mismos colaboradores, evitando dejar aceites o grasas derramadas en el piso. Las herramientas están resguardadas en un lugar específico, lo que permite que prevalezca el orden y facilidad para resguardar el orden.

Con relación en aspectos psicológicos, la buena convivencia dentro del equipo de colaboradores prevalece, lo que permite que el trabajador se desempeñe libre de presiones psicológicas propias del entorno de trabajo.

2.1.2. Personal que interviene en el proceso

En el proceso interviene el supervisor y el mecánico directamente. El asesor interviene en este proceso cuando es necesario comunicar al cliente sobre alguna pieza o reparación que no fue contemplada en el presupuesto y que es necesaria para lograr un trabajo final bien logrado.

2.1.2.1. Formación técnica o académica del trabajador

Los mecánicos son egresados de centros de capacitación técnica en mecánica, como Fishman, Emiliani, Intecap, entre otras. Aquí reciben los conocimientos teóricos con relación en operaciones mecánicas, manipulación, desmontaje y armado de piezas mecánicas automotrices.

Asimismo, se tiene un programa de capacitación específica para el área de mecánica, lo que permite mantener capacitados y actualizados a los técnicos de esta área.

Es importante señalar que existe una dinámica de transferencia de experiencia y conocimientos dentro del equipo de colaboradores de Spectra, lo que permite que, cuando existe una situación compleja para resolver, se cuente con el involucramiento de más de un colaborador para encontrar la mejor manera de resolver el inconveniente o las dudas con relación en la manipulación y tratamiento de los vehículos.

2.1.2.2. Capacitación que la empresa brinda al trabajador

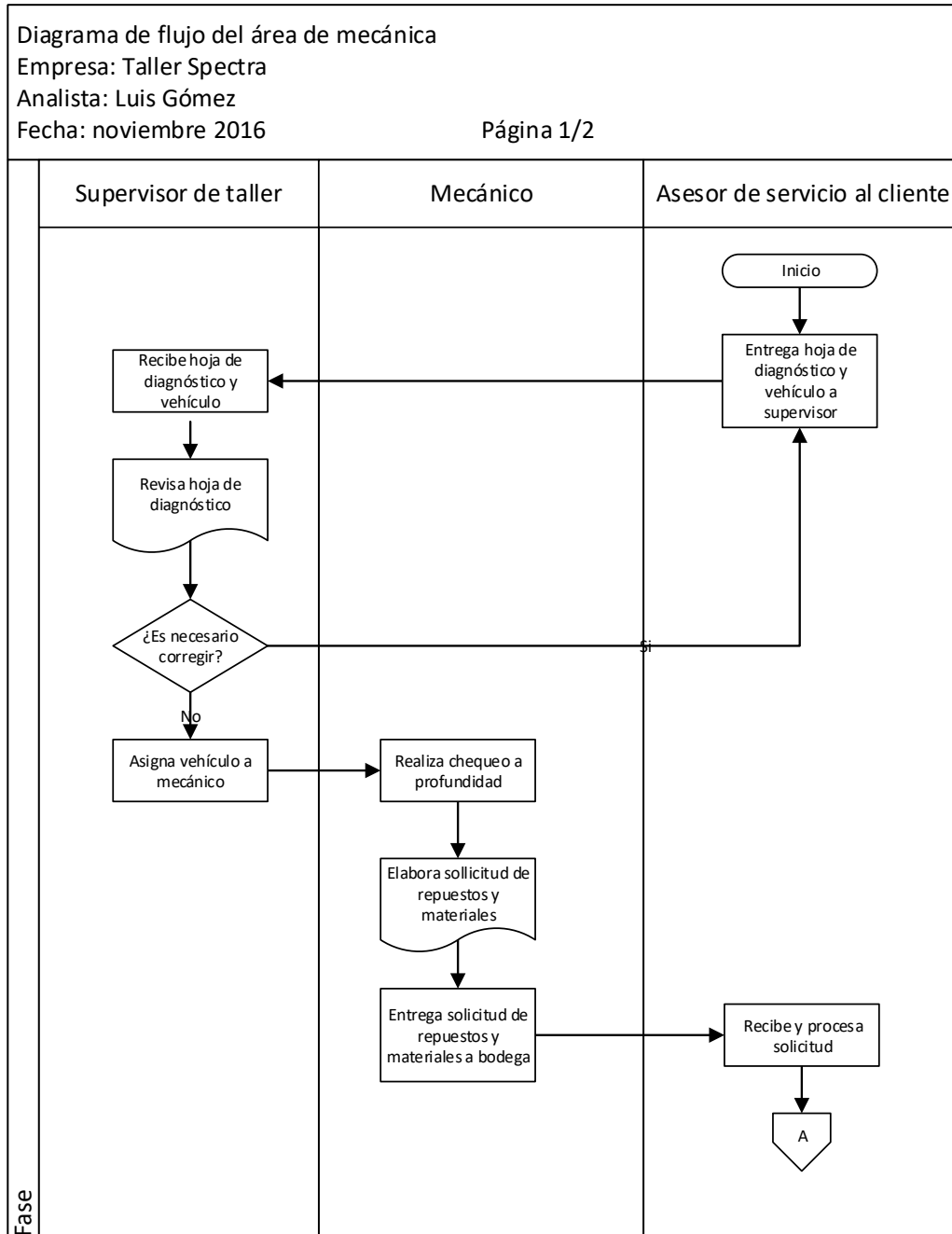
La gerencia administrativa gestiona al menos tres capacitaciones al año, para el equipo técnico y específica por área. Estas capacitaciones son gestionadas generalmente a través de la cámara de comercio bajo la gremial de talleres de enderezado y pintura.

Es importante mencionar que, dentro del trabajo diario, la sana convivencia permite que dentro de los mismos colaboradores exista una formación e intercambio de conocimientos técnicos mediante el trabajo *side by side*.

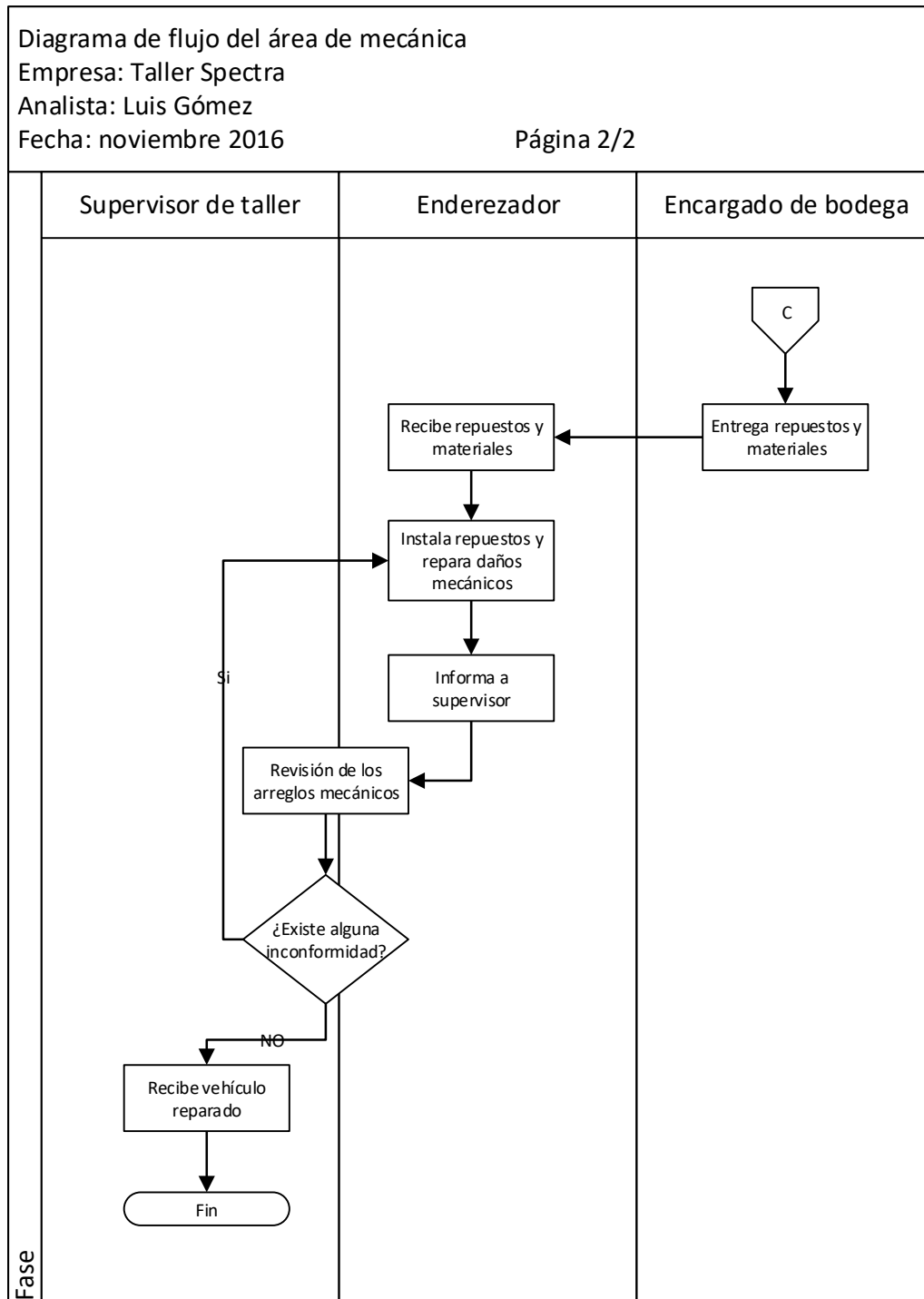
2.1.3. Diagrama de flujo actual

En el siguiente diagrama de flujo se presentan el procedimiento y el personal involucrado en el mismo: supervisor de taller, mecánico y asesor de servicio al cliente. Estos tres cargos deben interrelacionarse y coordinar una planificación de trabajo y presupuesto que resulte atractiva para el cliente, por lo que es fundamental que los trabajadores cuenten con las herramientas y disponibilidad para lograr un trabajo final bien realizado.

Figura 5. Diagrama de flujo del área mecánica



Continuación de la figura 5.

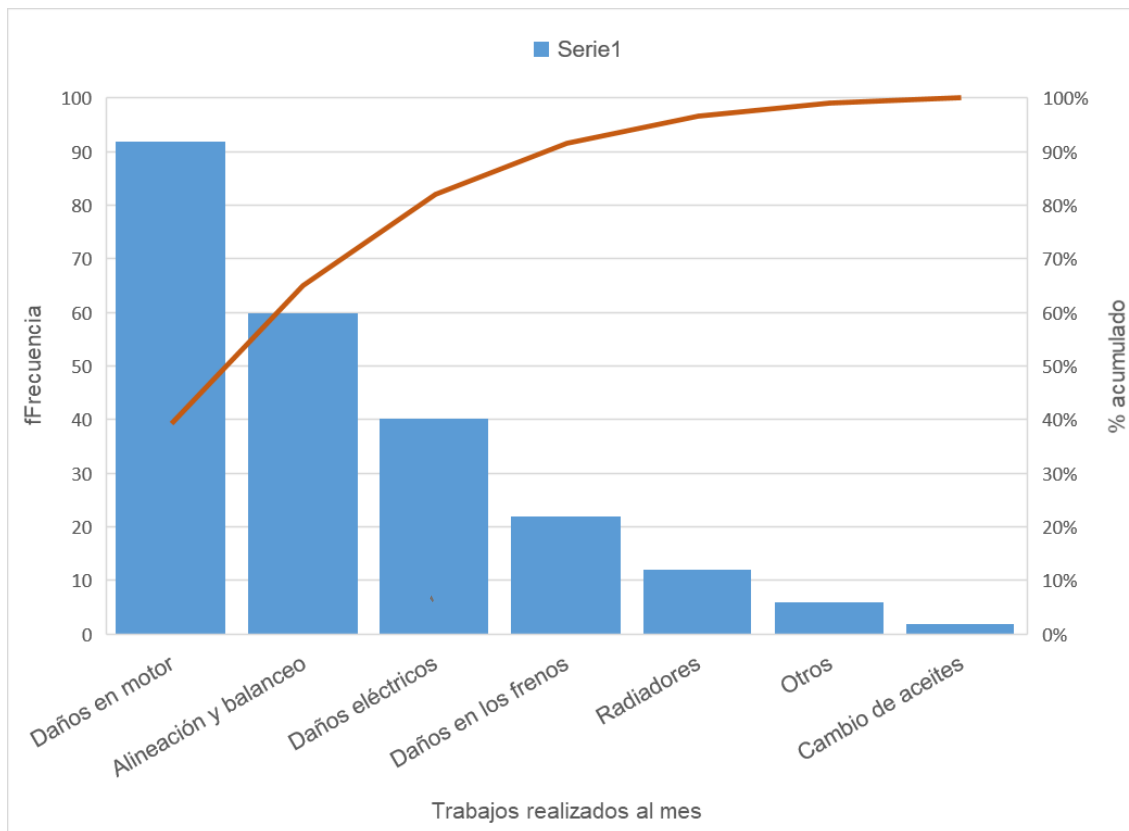


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2016.

2.1.4. Análisis de Pareto sobre operaciones mecánicas

De acuerdo con las operaciones que se realizan en el proceso mecánico, el 80 % de las operaciones está constituido por trabajos en radiador, alineaciones y daños en el motor. Por otro lado, las operaciones como daños eléctricos, reparaciones en frenos y cambio de aceites, son operaciones que se realizan con poca frecuencia.

Figura 6. Diagrama de Pareto de operaciones



Fuente: elaboración propia.

Esta información permite al encargado de bodega realizar las proyecciones de algunos accesorios que son necesarios como aceites.

2.2. Proceso de enderezado y preparado

En este proceso se realizan las reparaciones de piezas externas para recuperar el diseño original del vehículo, mediante el uso de técnicas, herramientas y materiales especiales para lograr un acabado de calidad,

2.2.1. Descripción del proceso

A continuación, se presenta de forma desglosada el proceso y los recursos involucrados en el proceso de enderezado y preparado.

2.2.1.1. Maquinaria

En el proceso de enderezado, algunas veces, es necesario desensamblar las piezas, por lo que resulta el subproceso de desmontaje. A continuación, se especifica la maquinaria y equipo que el enderezador necesita para desarrollar sus labores:

- Para desmontaje: cortadora eléctrica, taladro hidráulico, martillo, ponzón, desarmadores, alicates, juego de copas, tacón (metálico).
- Para enderezado: *spotter*, machaca, martillo de planchar, martillos pesados, turbina pulidora grinder neumático. Adicionalmente, para ambos casos el personal utiliza el equipo de protección personal (EPP) tales como protector de oídos, botas industriales, overol, gafas o mascarilla de protección para la cara.

- Para preparado: compresor y niples (hembra y macho), burro de trabajo, pulidora, orbital, pistola, plásticos, gallina.

2.2.1.2. Materia prima

- En el enderezado: la materia prima medular es el vehículo o piezas del mismo que vayan a tener la transformación, haciendo uso de herramientas como taladro hidráulico, cortadora eléctrica, martillos, cinceles, posones, caja de herramientas estándar que incluye desarmador, alicates, juego de copas y juego de llaves, *spotter*, machaca, martillo de planchar, martillos pesados y turbina pulidora grinder neumático.

La materia prima se almacena en la bodega de Spectra y es despachada mediante solicitud directa que realiza el trabajador con la aprobación de supervisor o jefe de taller. El encargado de bodega verifica que las materias primas que entregue al trabajador sean de calidad, con el objetivo de que se logre un trabajo final conforme a lo esperado por el cliente. Por otro lado, la gerencia administrativa cuida que las compras de materiales se realicen a proveedores que puedan garantizar materia prima de calidad.

- Para el área de preparado, se utilizan los siguientes materiales: lijas desde calibre 80 hasta 600, masilla de relleno y de acabado, *body*, promotor de adhesión para plástico y para lámina, *wipe*, consumible para capa guía como pintura y polvo seco, papel, nylon, cinta adhesiva, pintura de fondo.

Todos estos materiales son utilizados por el equipo técnico de operación, auxiliándose de equipo de protección personal como protector de oídos, gafas o protectores de ojos, guantes y botas industriales.

2.2.1.3. Entorno del área de trabajo

En aspectos físicos, el área de enderezado se encuentra separada del área de preparado, teniendo cada una de ellas un aproximado de 80 metros cuadrados.

Se mantiene la señalización industrial en ambas áreas tanto a la altura de la vista como el piso. El ruido es moderado y el área cuenta con señalización de advertencia, de prohibición e informativas, por otro lado, tiene colocados equipos de extinción de incendios.

El personal ha sido capacitado para mantener un liderazgo de manera que la convivencia permite jornadas laborales en concordia y de comunicación fluida y respetuosa.

2.2.2. Personal que interviene en el proceso

El área de enderezado y preparado cuenta enderezadores y preparadores, cuyo número actual asciende a 16 en el cual incluyen a técnicos de diferentes edades y de niveles de formación y experiencia.

2.2.2.1. Formación técnica o académica del trabajador

Los técnicos del área de enderezado y preparado son egresados de escuelas técnicas como Intecap, Fishman, Emiliani, entre otros, en donde adquieren los conocimientos teóricos y adquieren práctica en la aplicación de técnicas para realizar el enderezado de piezas automotrices.

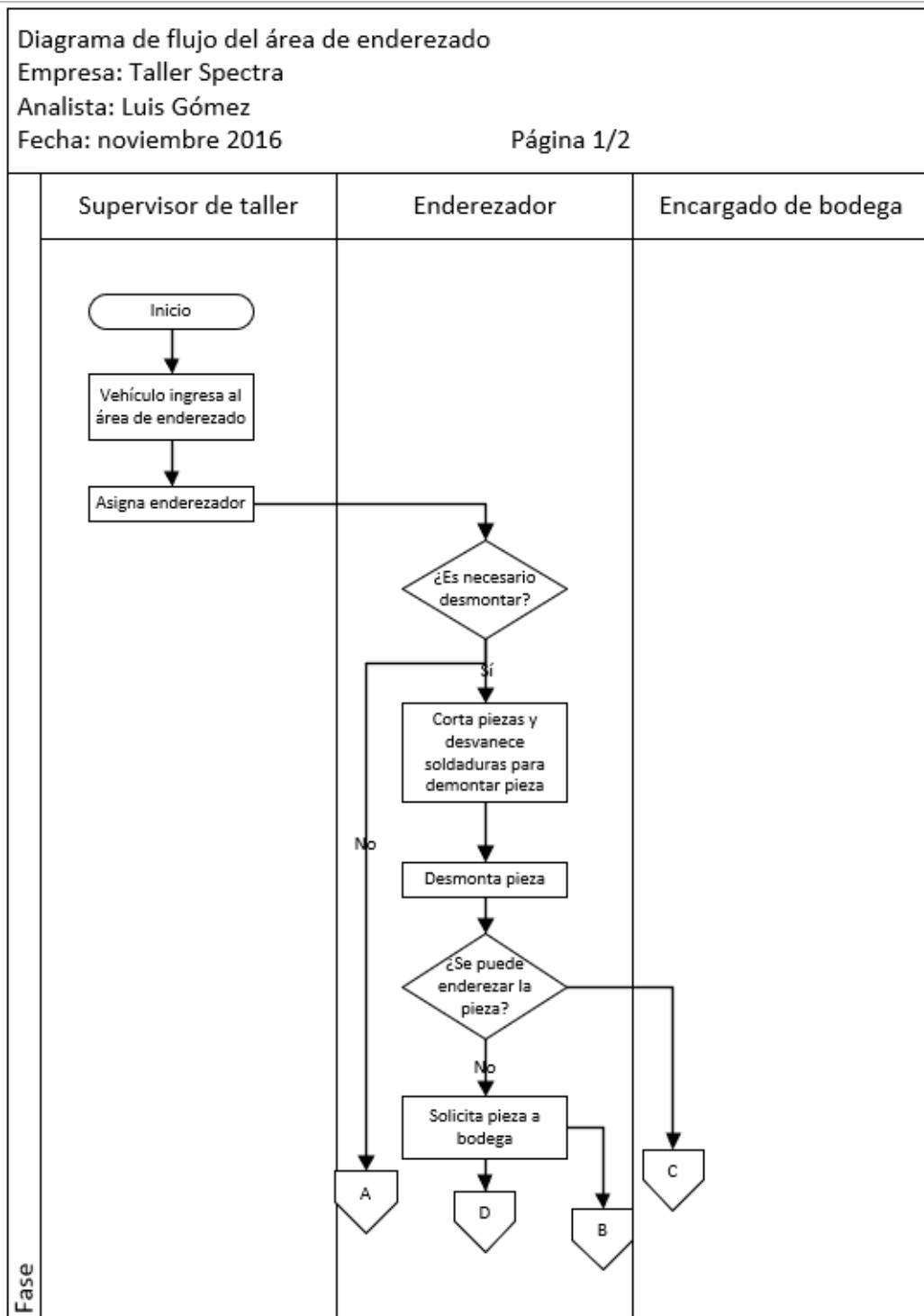
2.2.2.2. Capacitación que la empresa brinda al trabajador

Según se indica en el numeral 1,8 de este documento, el personal es formado técnicamente al menos tres veces al año, lo que permite mantener al equipo a la vanguardia en lo que la industria de la metalmecánica automotriz está ofreciendo a sus clientes, capacitaciones que se realizan a través de la Cámara de la Industria e Intecap.

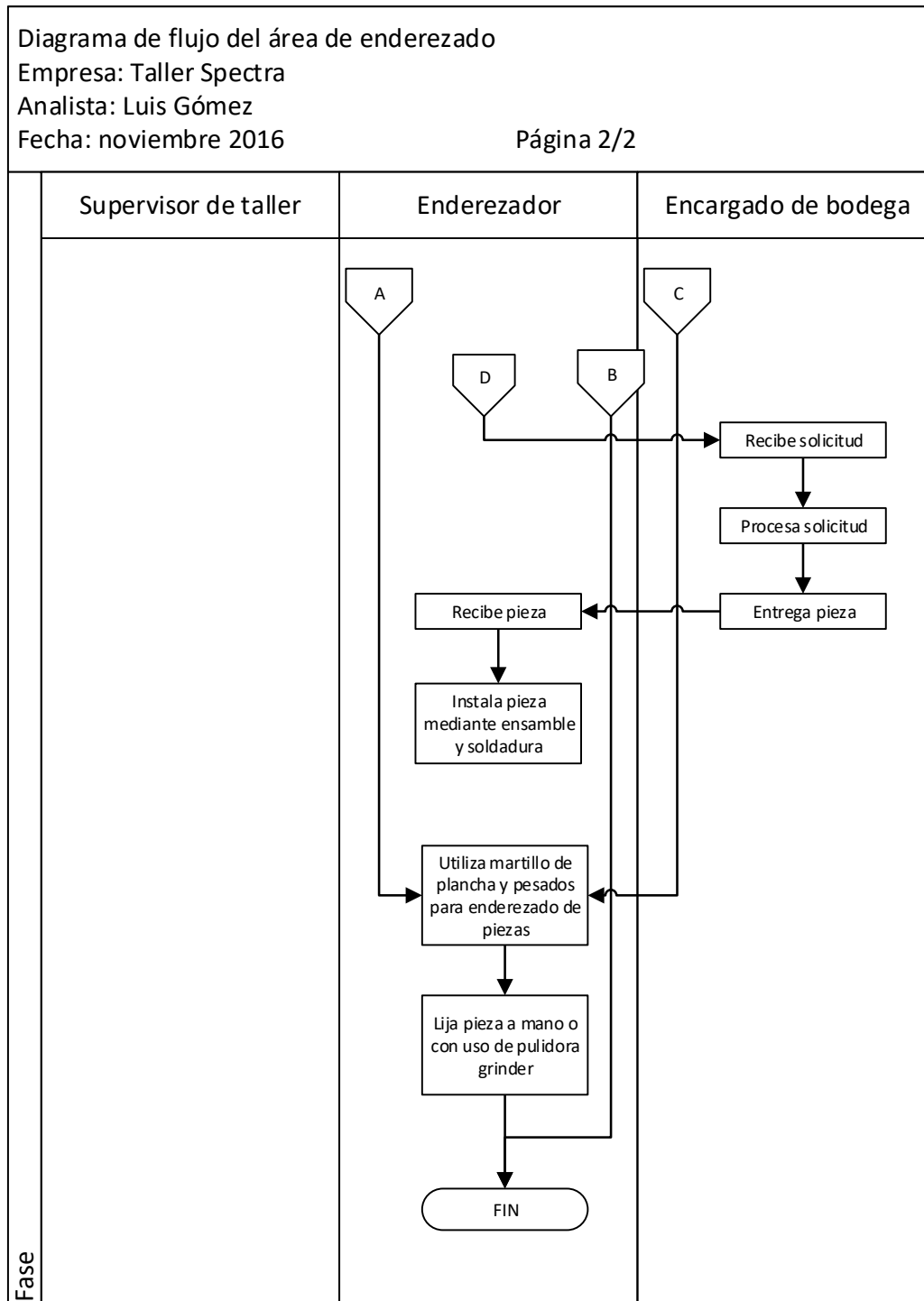
2.2.3. Diagrama de flujo actual

A continuación, se presenta el diagrama de flujo actual de proceso de enderezado.

Figura 7. Diagrama de flujo de área de enderezado



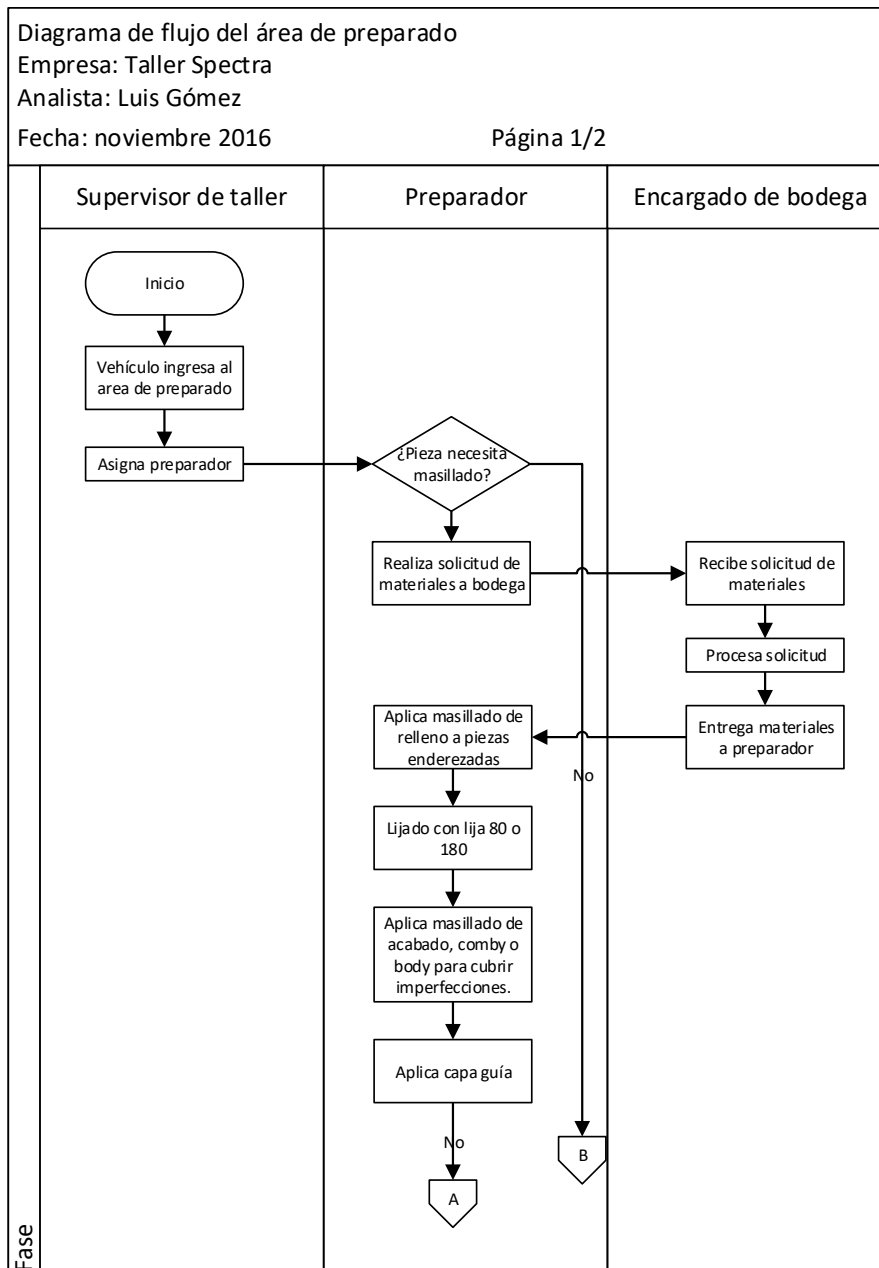
Continuación de la figura 7.



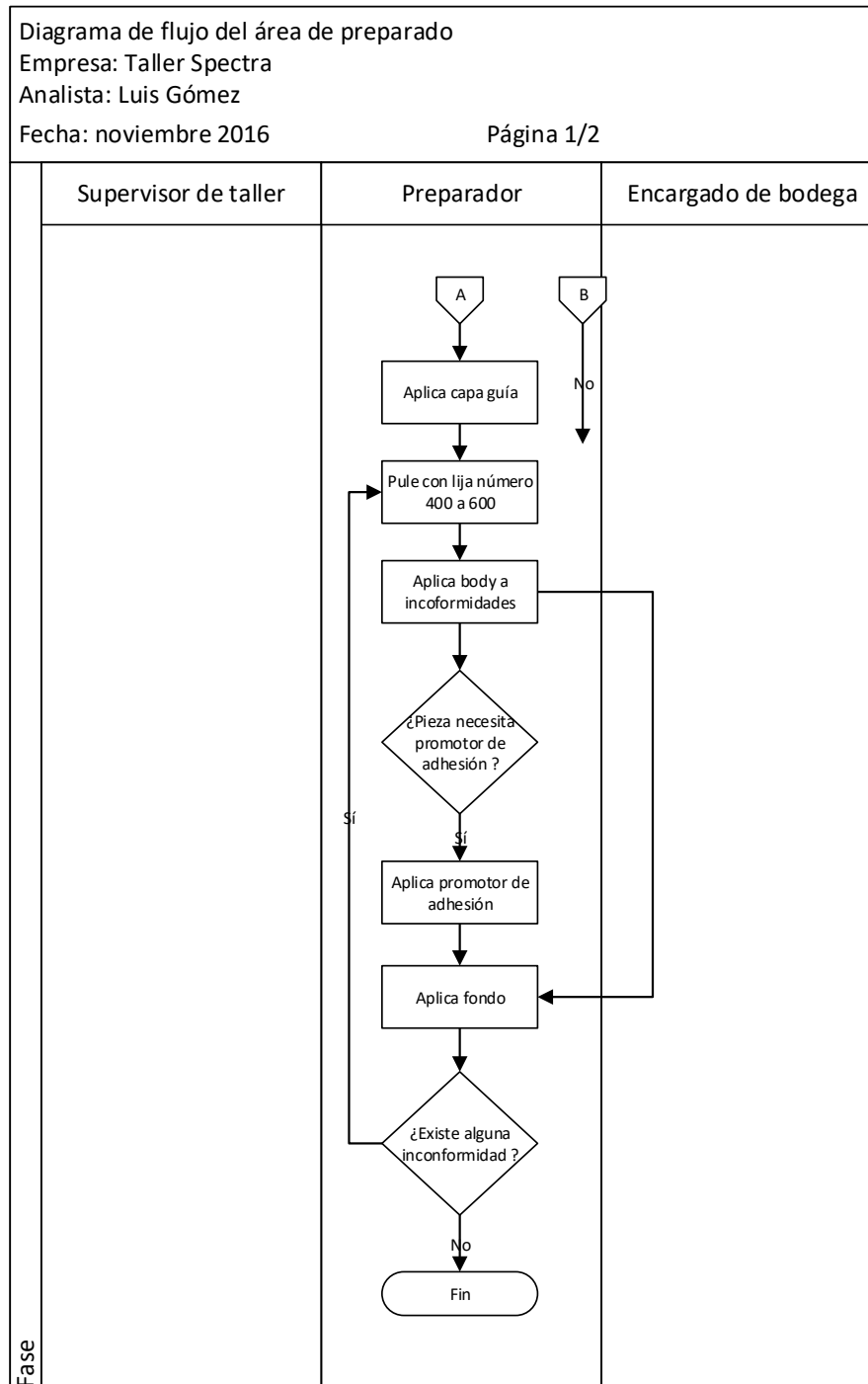
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2016.

En este proceso participan básicamente el supervisor de taller, el encargado de bodega y el enderezador. Asimismo, se presenta el diagrama de flujo del área de preparado:

Figura 8. Diagrama de flujo del área de preparado



Continuación de la figura 8.



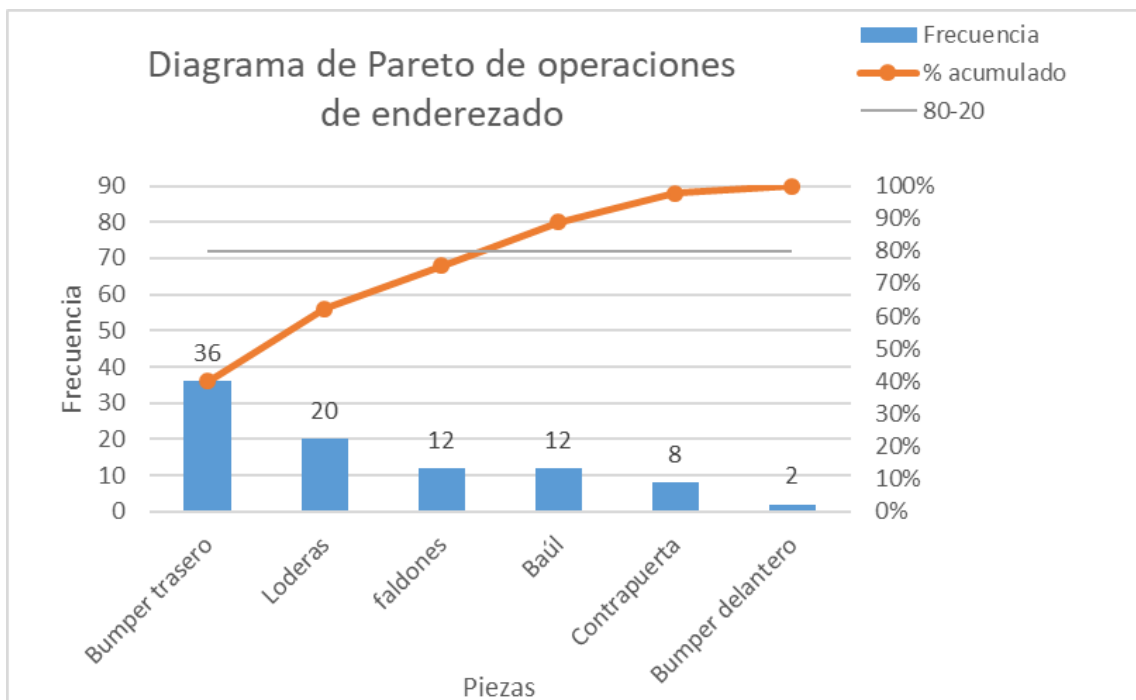
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2016.

2.2.4. Análisis de Pareto sobre operaciones de enderezado

De acuerdo a la información obtenida por los colaboradores del área de enderezado, se presenta el siguiente diagrama de Pareto en el que se deja ver que las piezas que más se trabajan en esta área son *bompers* traseros, loderas y faldones. Con estas tres piezas, se alcanza el 80 % de los trabajos realizados.

Con menor frecuencia se trabajan baúles, contrapuertas y *bompers* traseros, constituyendo estas tres piezas el 20 % del total de operaciones que el área de enderezado trabaja.

Figura 9. Diagrama de Pareto de operaciones



Fuente: elaboración propia.

2.3. Proceso de pintura y pulido

En este proceso se realiza, básicamente, la pintura de las piezas que fueron enderezadas y preparadas, utilizando la pintura cuyo código corresponda al que el vehículo trae de fábrica o a semejanza de color, si ya fue cambiado por el propietario.

Este es el último proceso de transformación por el que pasa el vehículo o las piezas metalmecánicas, por lo que a este punto cualquier inconformidad con el enderezado, preparado y armado habrá sido desvanecida y procesada.

2.3.1. Descripción del proceso

A continuación, se presenta de forma desglosada el proceso y los recursos involucrados en el área de pintura y pulido. Plasmarlo y describirlo fue posible ya que el equipo operativo y gerencial aperturará y permitirá la observación directa de los procesos, así como conversar para solventar las dudas con relación en dicho proceso.

2.3.1.1. Maquinaria

Dentro del equipo que utiliza el personal en el área de pintura y pulido esta la cabina para pintura, pistolas o sopletes, sistema de extracción, pulidoras.

Este equipo es proporcionado por la empresa y cada vez que están dañados deben ser repuestos para lograr un trabajo de calidad.

2.3.1.2. Materia prima

En el proceso de pintura, la materia prima está constituida por la pintura base, el esmalte y algún componente que acelere el secado. Existen pinturas para secado en término de dos horas, cuarenta y cinco minutos, y hasta veinte minutos.

En el pulido, se utiliza lija 600, que permite lijar el esmaltado previamente aplicado, cera para pulir y *wipe* o paños para aplicación.

La materia prima se almacena en bodega de Spectra y es despachada mediante solicitud directa que realiza el trabajador con la aprobación del supervisor o el jefe de taller. El encargado de bodega verifica que las materias primas que entregue al trabajador sean de calidad, con el objetivo de que se logre un trabajo final conforme a lo esperado por el cliente. Por otro lado, la gerencia administrativa cuida que las compras de materiales se realicen a proveedores que puedan garantizar materia prima de calidad.

2.3.1.3. Entorno del área de trabajo

El área establecida para el área de pintura y pulido es aproximadamente de 30 metros cuadrados, lo que permite trabajar o tener en cola, aproximadamente, 3 o 4 vehículos para ser pintados y posteriormente pulidos.

Se cuenta con iluminación natural y área ventilada. El piso es de concreto y se encuentra señalizado para áreas de estacionamiento y peatonal. La señalización industrial está a la vista del personal operativo. La nave de la planta de trabajo es de techo curvo, lo que permite tener una altura de aproximadamente 10 metros de piso a techo.

2.3.2. Personal que interviene en el proceso

En este proceso siempre está involucrado el supervisor del taller, el preparador, el pintor y el pulidor y entre ellos fluye la información relacionada al estatus de las piezas o vehículos. Cuando existe algún inconveniente ellos son quienes intervienen para encontrar una solución adecuada y efectiva.

2.3.2.1. Formación técnica o académica del trabajador

El pintor es una persona experimentada y formada técnicamente en el área de preparado, lo que le permite tener excelente habilidad para notar si el proceso precedente de pulido dejó las piezas con inconformidades de preparado.

El pulido no precisamente tiene una formación técnica sistemática, pero sí necesita conocer el proceso muy claramente para evitar aplicar a la pintura, materiales que dañen el proceso que ya ha finalizado el pintor. Básicamente, necesita conocer calibres de lijas, tipos de *wipe* y los tipos de pastas pulidoras a aplicar.

El supervisor o el jefe de taller son los encargados de supervisar el trabajo final y rechazar el trabajo por cualquier inconformidad.

2.3.2.2. Capacitación que la empresa brinda al trabajador

Por una parte, recibe formación con relación en aspectos humanísticos como liderazgo, manejo de conflictos, entre otros. La capacitación va implícita, aunque no sistemática, al introducir personal con poca experiencia *side by side*

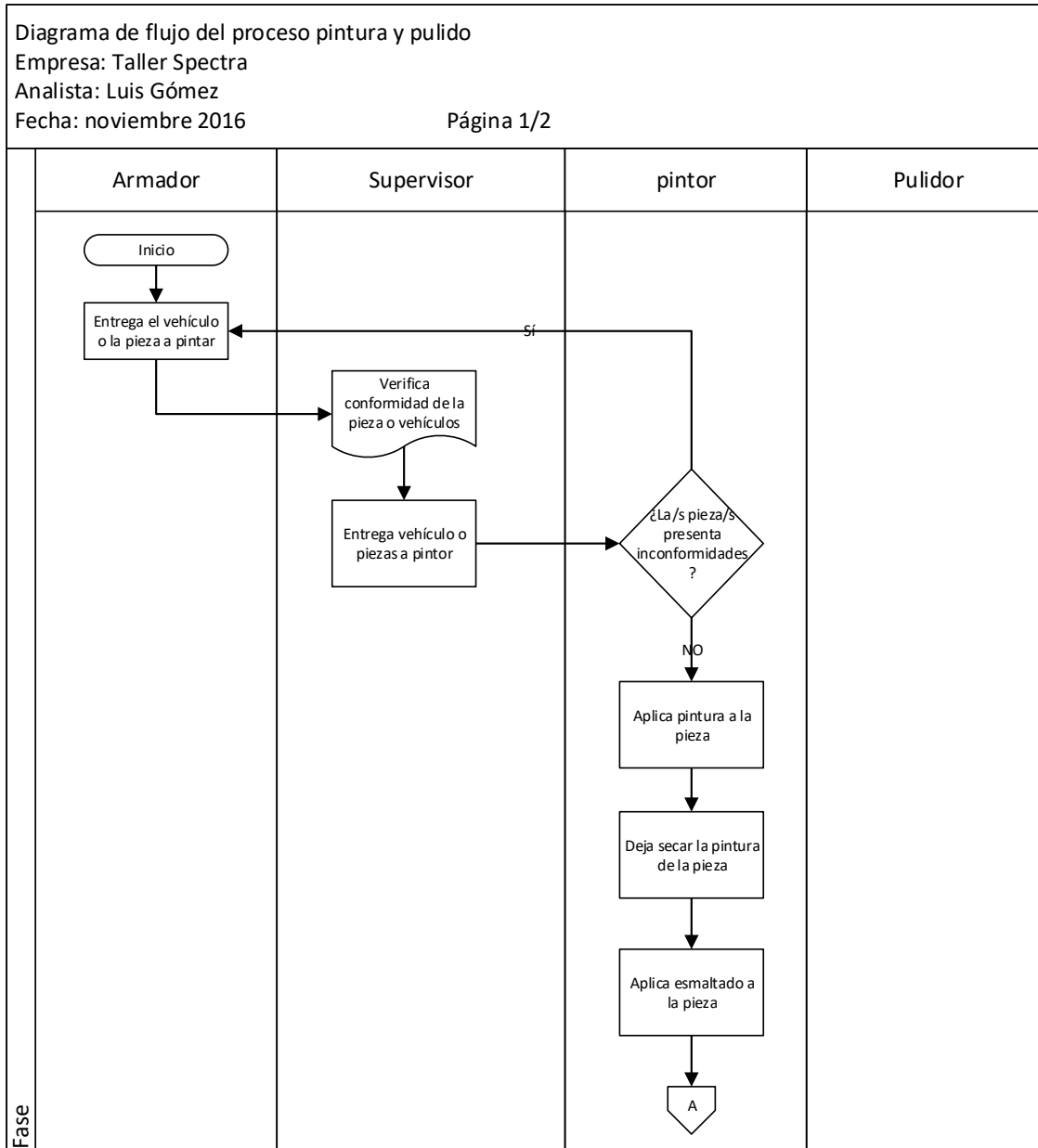
con colaboradores que tienen amplio recorrido en las diferentes áreas. Esto permite que el aprendiz dilucide entre las técnicas de los expertos y pueda mejorarlas. Por lo tanto, se logra mediante una constante comunicación entre los colaboradores de cada una de las áreas y entre ellas.

La gerencia administrativa gestiona las capacitaciones técnicas para el equipo operativo a través de la Cámara de la industria, lo que permite actualizaciones de vanguardia y que le proporcionan competitividad a la empresa.

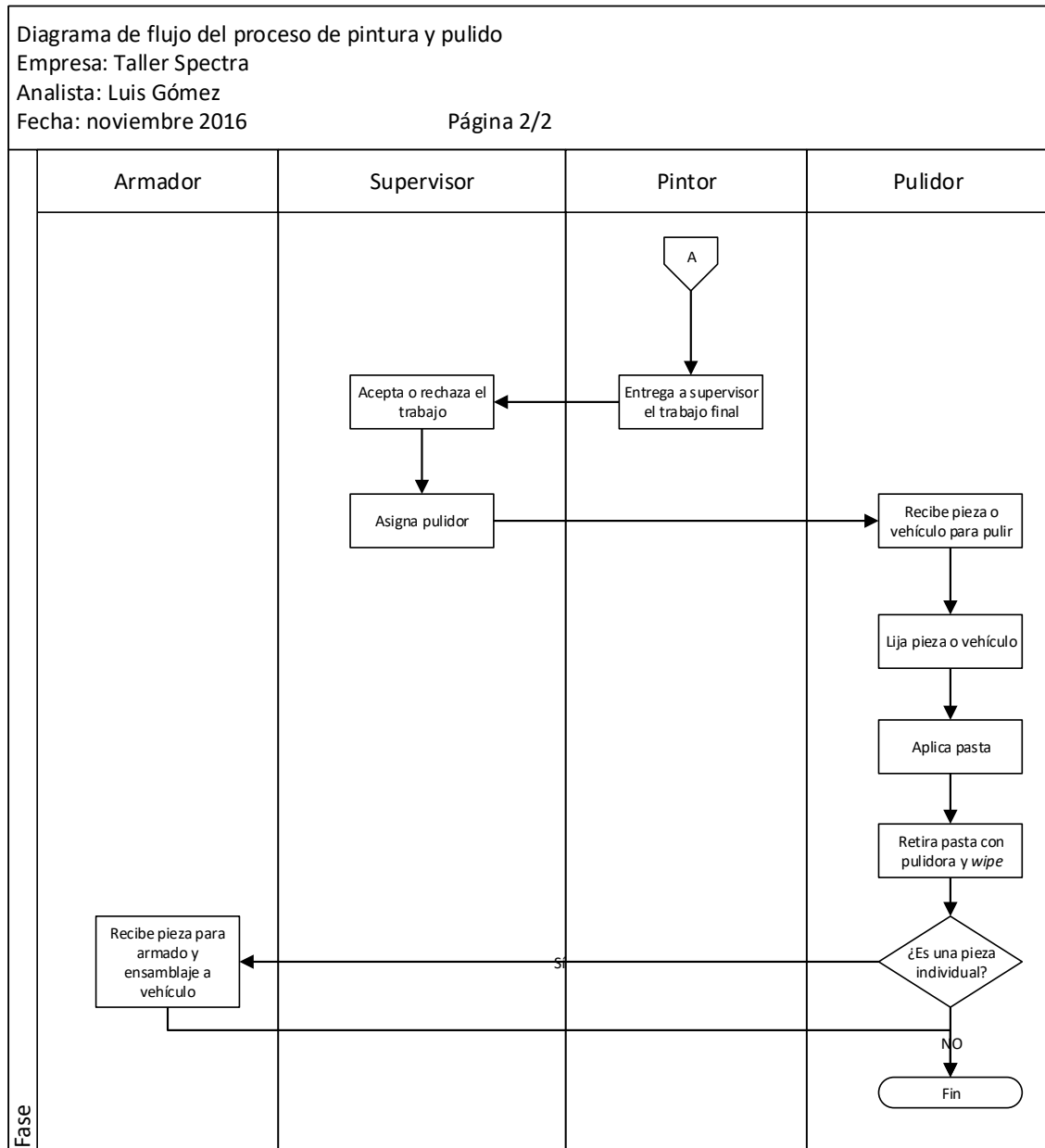
2.3.3. Diagrama de flujo actual

Este proceso se está mejorando y estandarizando, básicamente al salir el vehículo del área de armado, pasa al área de pintura y posterior pulido, según se detalla en el siguiente diagrama de flujo:

Figura 10. Diagrama de proceso de pintura y pulido



Continuación de la figura 10.

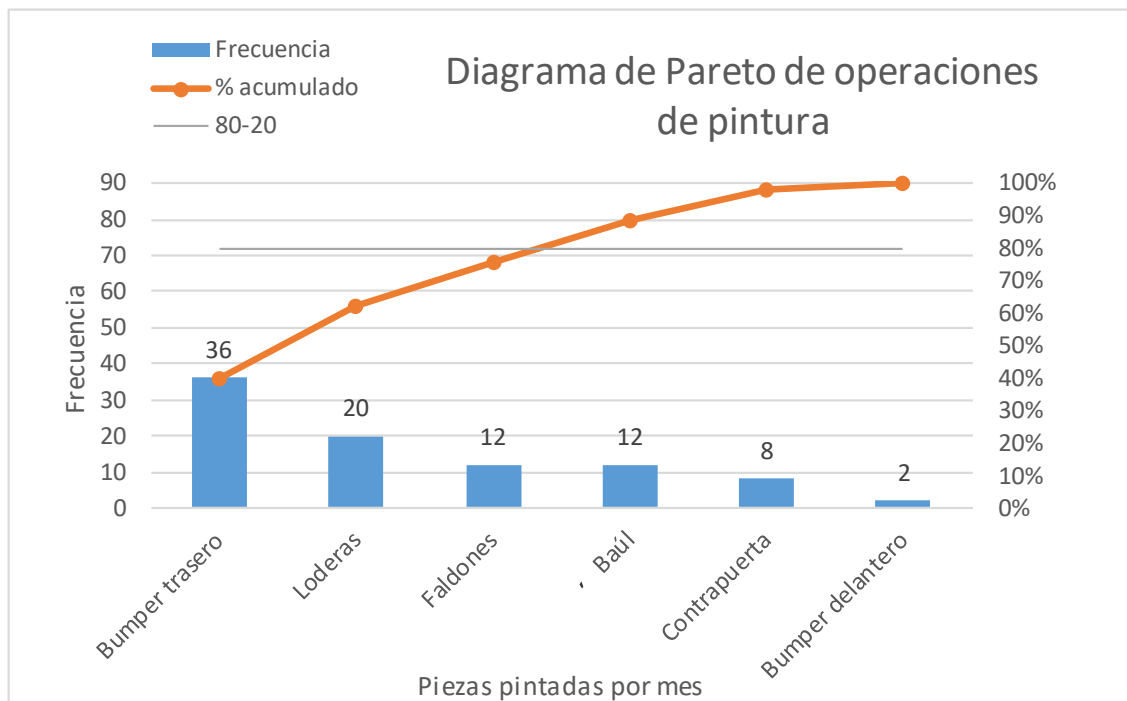


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2016.

2.3.4. Análisis de Pareto sobre operaciones de pintura

Como se puede observar en el siguiente diagrama de Pareto, la frecuencia de operaciones coincide con las realizadas en el proceso de enderezado preparado, lógicamente porque si una pieza es preparada de forma necesaria debe pasar a pintura.

Figura 11. Diagrama de Pareto de operaciones de pintura



Fuente: elaboración propia.

2.4. Proceso de armado

La instalación o cambio de piezas que sean necesarias se realiza en este proceso. Entre ellas se puede mencionar cambio de *bumpers*, silbines, loderas, entre otras. En este proceso lo que se busca es dejar las piezas en el lugar en que originalmente se encontraban, que encajen y que se aseguren con los accesorios de fábrica, siendo estos originales o genéricos.

2.4.1. Descripción del proceso

En este apartado se desarrolla la descripción del proceso de pintura por cada uno de los aspectos clave de análisis según se detalla a continuación.

2.4.1.1. Maquinaria

Se utilizan piezas básicas como caja de llaves, desarmadores, juego de copas, soldadora. No es necesario otro tipo de herramientas dado que el trabajo básico que se realiza aquí es ensamblar piezas con sus guías o grapas, atornillos y en ocasiones soldar.

2.4.1.2. Materia prima

Los materiales están constituidos fundamentalmente por las piezas nuevas que van a ser instaladas o sustituidas, piezas que han sido reparadas, tornillos, grapas, entre otros. Estos se almacenan en bodega de Spectra y es despachada mediante solicitud directa que realiza el trabajador con la aprobación de supervisor o jefe de taller. El encargado de bodega verifica que las materias primas o materiales que entregue al trabajador conserven sus características mecánicas de fábrica, con el objetivo de que se logre un trabajo final conforme a

lo esperado por el cliente. Por otro lado, la gerencia administrativa cuida que las compras de materiales se realicen a proveedores que puedan garantizar materia prima de calidad.

2.4.1.3. Entorno del área de trabajo

Toda la nave del taller es un techo curvo, lo que permite ser un área ventilada y con iluminación de luz natural, sin embargo, en áreas donde la ventilación no es adecuada, se cuenta con iluminación artificial para otorgar al trabajador un área comfortable para desempeñar sus labores. La señalización industrial está a la vista del personal operativo, siendo esta, de advertencia, de prohibición y equipo de control de incendios.

2.4.2. Personal que interviene en el proceso

El personal que interviene en el proceso es el personal especializado para pintura. Esto no limita a la empresa a realizar procesos de capacitación y formación.

2.4.2.1. Formación técnica o académica del trabajador

Los armadores tienen la misma formación técnica que los enderezadores. Sin embargo, se enfocan en realizar el ensamblaje de las piezas que han sido removidas o que fue necesario cambiar. En tal sentido, recordaremos que los técnicos de Spectra vienen por lo general de ser formados en escuelas técnicas como Fishman, Emiliani, Intecap, entre otros.

2.4.2.2. Capacitación que la empresa brinda al trabajador

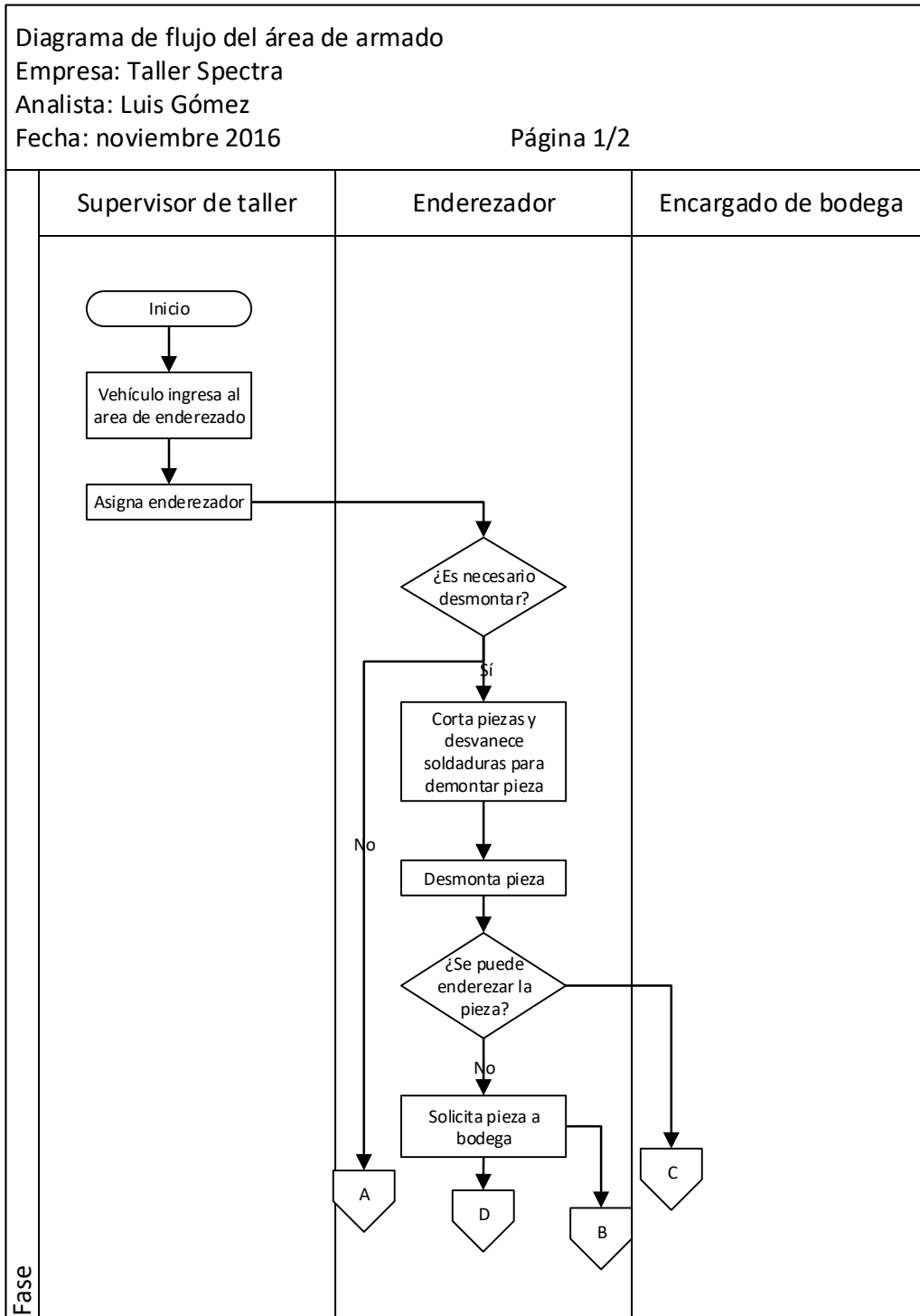
Al igual que en las otras áreas de trabajo, la empresa proporciona capacitaciones trimestrales en temas técnicos y de formación personal. Asimismo, dentro del equipo, la metodología *side by side* permite que los trabajadores resuelvan dudas con relación en algún montaje o piezas necesarias para devolver al vehículo su apariencia original.

El armador debe tener la capacidad para notar alguna inconformidad en el preparado, pues de no hacerlo, posteriormente en pintura se detectará y será necesario desarmar de nuevo. Cada proceso y personal técnico involucrado debe tener basta capacidad para convertirse en un punto de control de calidad.

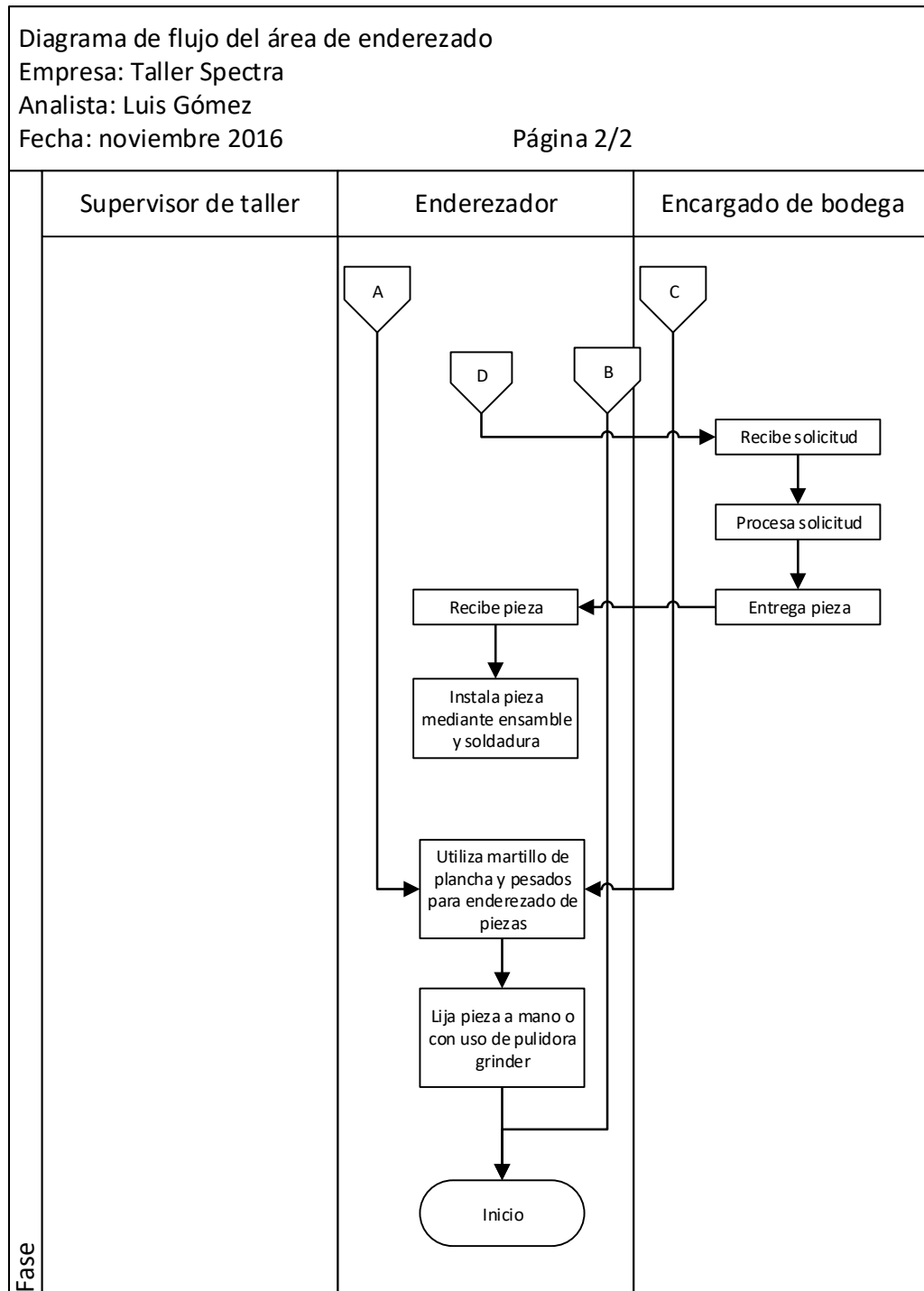
2.4.3. Diagrama de flujo actual

A continuación, se despliega el diagrama de flujo que sigue el trabajo de armado, para lograr plasmarlo, fue necesario realizar observación directa y contar con el apoyo del equipo operativo y el equipo de gestión de taller Spectra, puesto que eventualmente, el personal operativo puede confundir la observación como una evaluación de su trabajo.

Figura 12. Diagrama de flujo del área de armado



Continuación de la figura 12.

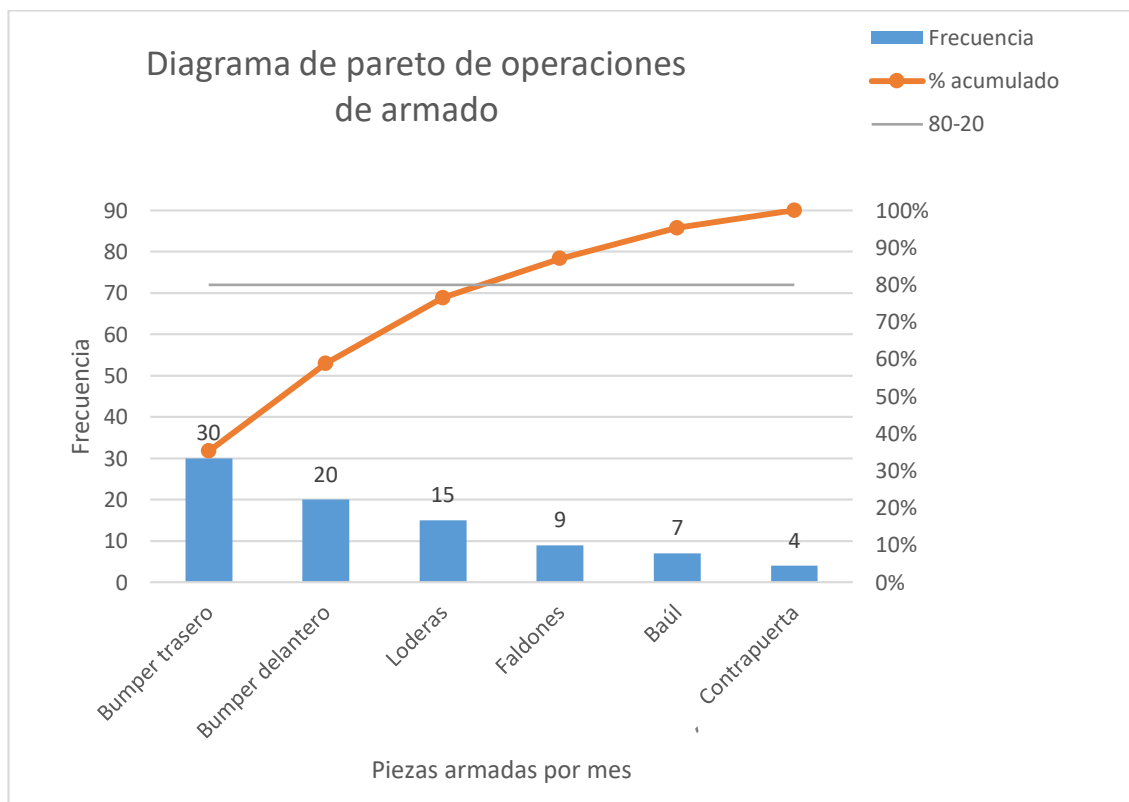


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2019.

2.4.4. Análisis de Pareto sobre operaciones de armado

De acuerdo con las operaciones que actualmente, realiza el armador, el análisis Pareto indica que el 80 % de las operaciones están constituidas por *bumpers* trasero, *bumpers* delantero y loderas, dejando el armado de faldones, baúl y contrapuerta como las operaciones que menos se realizan.

Figura 13. Diagrama de Pareto de operaciones de armado



Fuente: elaboración propia.

2.5. Proceso de administrativo

Comprende la ruta que sigue el cliente desde que se pone en contacto con el taller, hasta que el vehículo es entregado de vuelta con las reparaciones solicitadas, generándose desde el inicio hasta el fin, la documentación de gestión del servicio.

2.5.1. Descripción del proceso

Spectra recibe clientes individuales y clientes de seguros vehiculares ofrecidos por empresas tales como Seguros GyT y Seguros El Roble. El proceso básicamente comprende la documentación para la recepción del vehículo, diagnóstico de necesidades, cotización inicial, ajuste con la aseguradora, carga al sistema de la orden de trabajo y planificación del trabajo.

Dado que del portafolio de aseguradoras que atiende Spectra, algunos tienen sistemas automatizados de gestión de servicios, y otros no, el proceso de seguimiento a nivel interno de Spectra varía de un cliente a otro.

Sin embargo, Spectra también cuenta con su propio sistema de gestión de órdenes de trabajo, teniendo una amplia variedad de opciones y credenciales específicas para cada paso. Es decir, el asesor puede cargar al sistema cada orden de trabajo, pero no puede acceder a la planificación del mismo, esto lo hace el auxiliar de controles.

2.5.1.1. Entorno del área de trabajo

Los asesores cuentan con área de trabajo, con el mobiliario y equipo necesario para gestionar los ingresos y egresos de vehículos. El área está

iluminada y al menos 6 metros cúbicos como área de trabajo, según establece el Reglamento de seguridad y salud ocupacional del Ministerio de Trabajo y Previsión Social de Guatemala.

Se cuenta con área de archivo y seguridad dado que son documentos importantes que cuentan con la aprobación y firma del cliente, aceptando el presupuesto y las condiciones en que entrega el vehículo.

La distribución del mobiliario y de los operadores administrativos involucrados permite una inmediata comunicación y cercanía para solventar cualquier duda que los asesores tengan.

2.5.2. Personal que interviene en el proceso

De acuerdo al diagrama de flujo que se muestra posteriormente, el personal que se involucra en este proceso son el recepcionista, asesor de servicio, el armador y el auxiliar de controles.

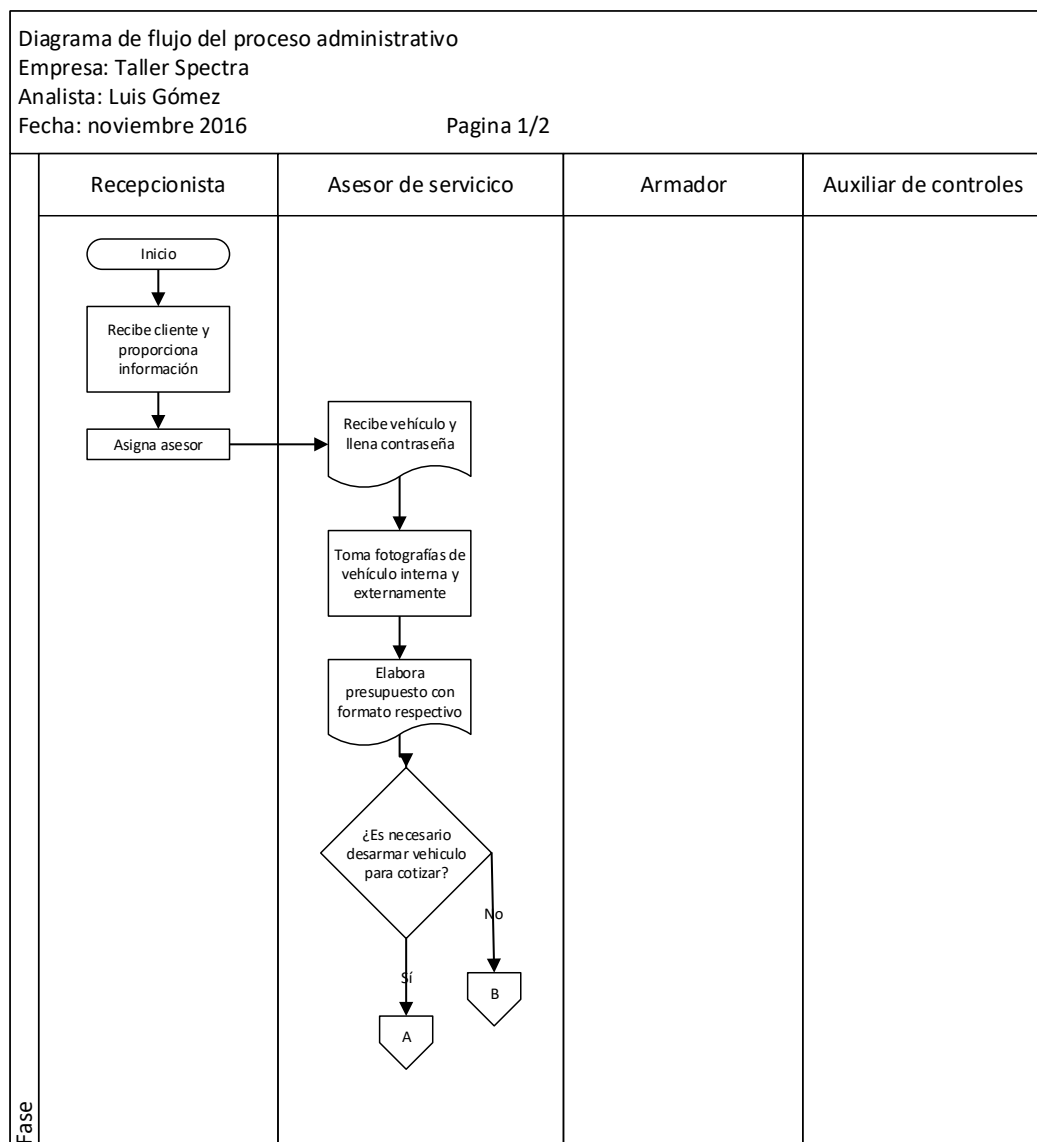
En el proceso administrativo intervienen las siguientes partes:

- Recepcionista: siendo el primer contacto con el cliente al ingresar al taller.
- Asesor de servicio: quien le da seguimiento al caso desde que se recibe el vehículo físicamente, para realizar las verificaciones del estado en que se recibe.
- Armador: cuando es necesario desarmar el vehículo para revisar los daños que recibió el carro.

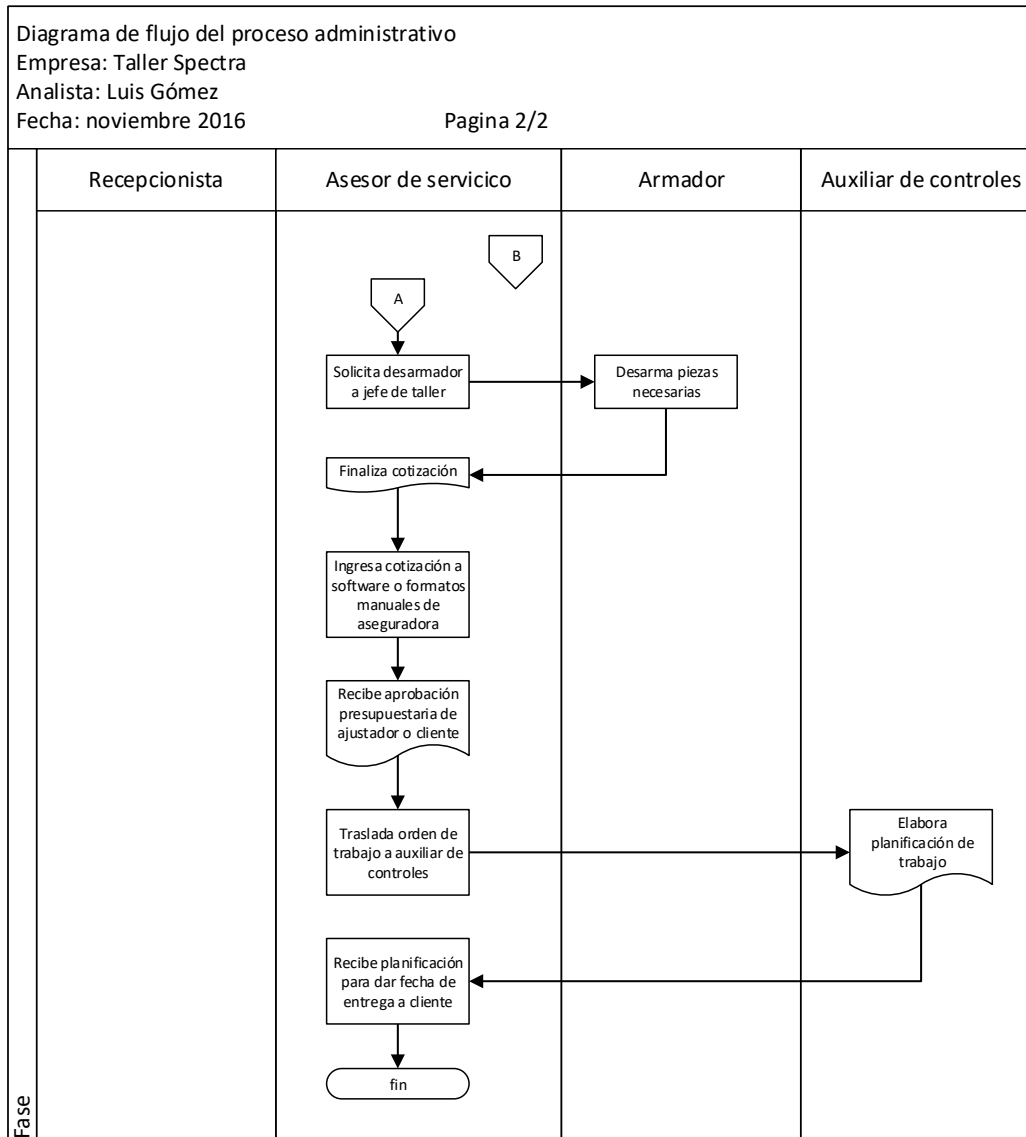
2.5.3. Diagrama de flujo actual

En la figura 14 se presenta el diagrama de flujo actual del proceso administrativo, al cual debe atender cada uno de las partes involucradas:

Figura 14. Diagrama de flujo del proceso administrativo



Continuación de la figura 14.



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2016.

2.5.4. Análisis del proceso administrativo

Este proceso es quizá uno de los más importantes, debido a que es el proceso en el que se ejecutan 3 de las 4c's del *marketing* pues es establece la comunicación con el cliente y se establece el costo. Por lo tanto, en este proceso debe tenerse especial cuidado en hacer saber claramente el proceso que seguirá el vehículo que está ingresando y que el presupuesto sea cuidadosamente elaborado para evitar que, posteriormente, el cliente deba desembolsar más de lo que inicialmente se le informó. Por otro lado, se debe plasmar una planificación realista, que le permita al cliente tener certeza de que la fecha de entrega será oportuna y sin retrasos atribuidos a causas que pudieron haberse controlado.

No se puede dejar por un lado que la asertividad debe prevalecer en la comunicación que tengan los colaboradores involucrados en este proceso con el cliente, tomando en cuenta que pueden llegar clientes difíciles de satisfacer.

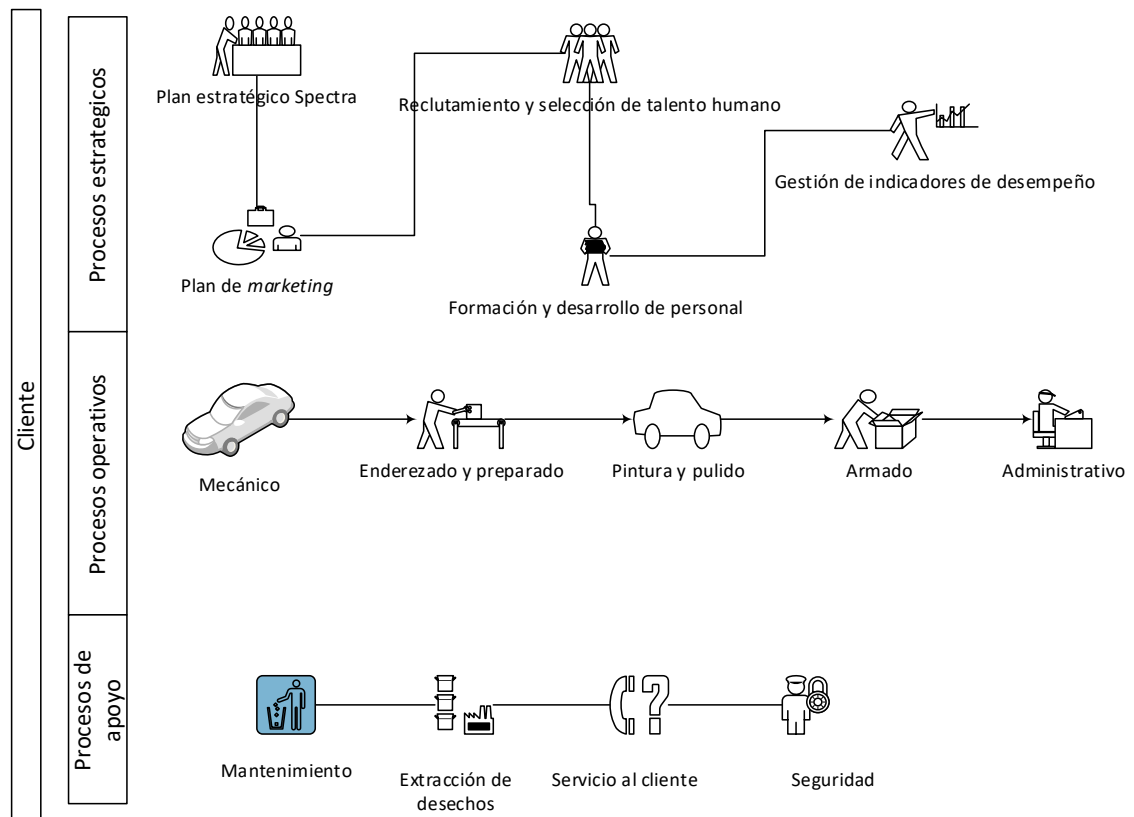
Por último, el asesor debe cuidar el mantener una comunicación activa con el jefe de taller y los armadores, dado que eventualmente es necesario remover piezas del vehículo cuya la condición obstaculizan la visibilidad de piezas que deben ser reparadas o cambiadas. De esta manera, tanto el cliente como el ajustador de las aseguradoras, verificarán y documentarán, mediante fotografías, las condiciones originales del vehículo y evitar reclamos o reparaciones preexistentes.

3. PROCESOS CLAVE PARA EL CONTROL ESTADÍSTICO EN MINITAB

3.1. Selección de procesos clave

De acuerdo al levantado de los procesos, se identifican a los operativos como claves para analizar el sistema de gestión:

Figura 15. Mapeo de procesos



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2016.

3.1.1. Personal que interviene en el control del proceso

En concordancia con el mapa de procesos y con la información del levantado de proceso del capítulo 2, el personal que interviene en los procesos operativos se detallan en la tabla I:

Tabla I. Personal que interviene en los procesos clave (operativos)

Número	Proceso	Personal
1	Mecánico	Mecánico, mecánico eléctrico de ser necesario y supervisor de planta.
2	Enderezado y preparado	Enderezador, preparador
3	Pintura y pulido	Supervisor de taller, preparador, pintor y pulidor
4	Armado	Mecánico y supervisor
5	Proceso administrativo	Recepcionista, asesor de servicio, auxiliar de controles e indirectamente, el armador.

Fuente: elaboración propia.

3.2. Procesos a controlar por variables

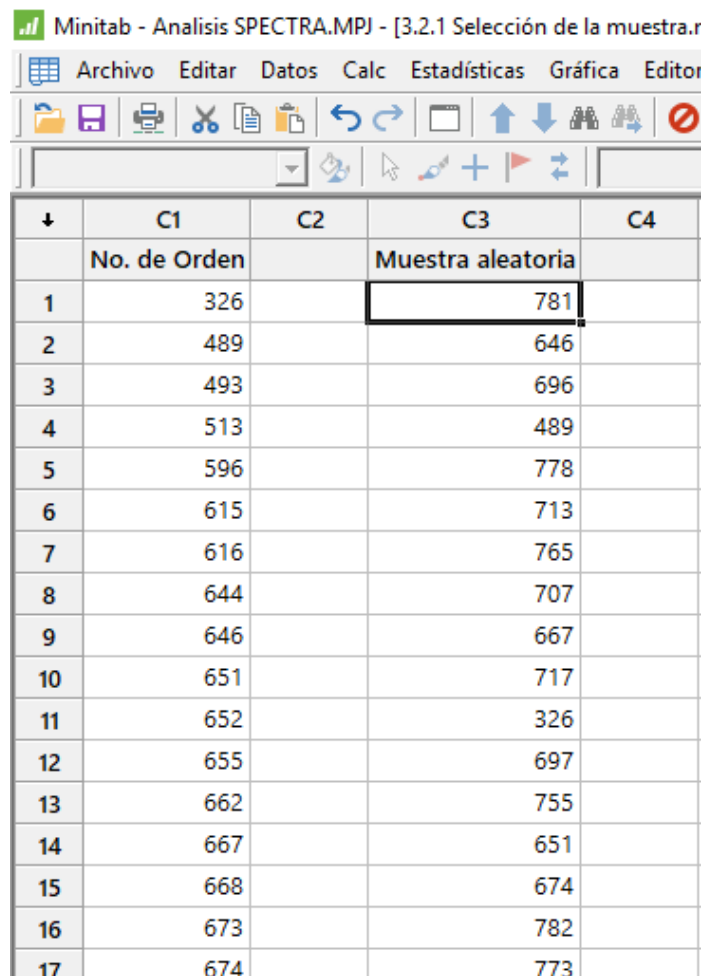
“En cualquier esfuerzo por mejorar un proceso, el objetivo último es hacer el proceso: mejor, más rápido y menos costoso”¹. Por lo tanto, el tiempo de ciclo será conveniente controlarlo por variable.

¹ Open Source Six Sigma. *Certified Lean Six Sigma Black Belt eBook*. p. 35.

3.2.1. Selección de muestra

El análisis de cada uno de los procesos bajo control estadístico podrá realizarse mediante la selección de una muestra aleatoria en Minitab, siendo el universo el total de ordenes trabajadas en un mes, según la figura 16.

Figura 16. Selección de la muestra en Minitab



Minitab - Analisis SPECTRA.MPJ - [3.2.1 Selección de la muestra.r

Archivo Editar Datos Calc Estadísticas Gráfica Editor

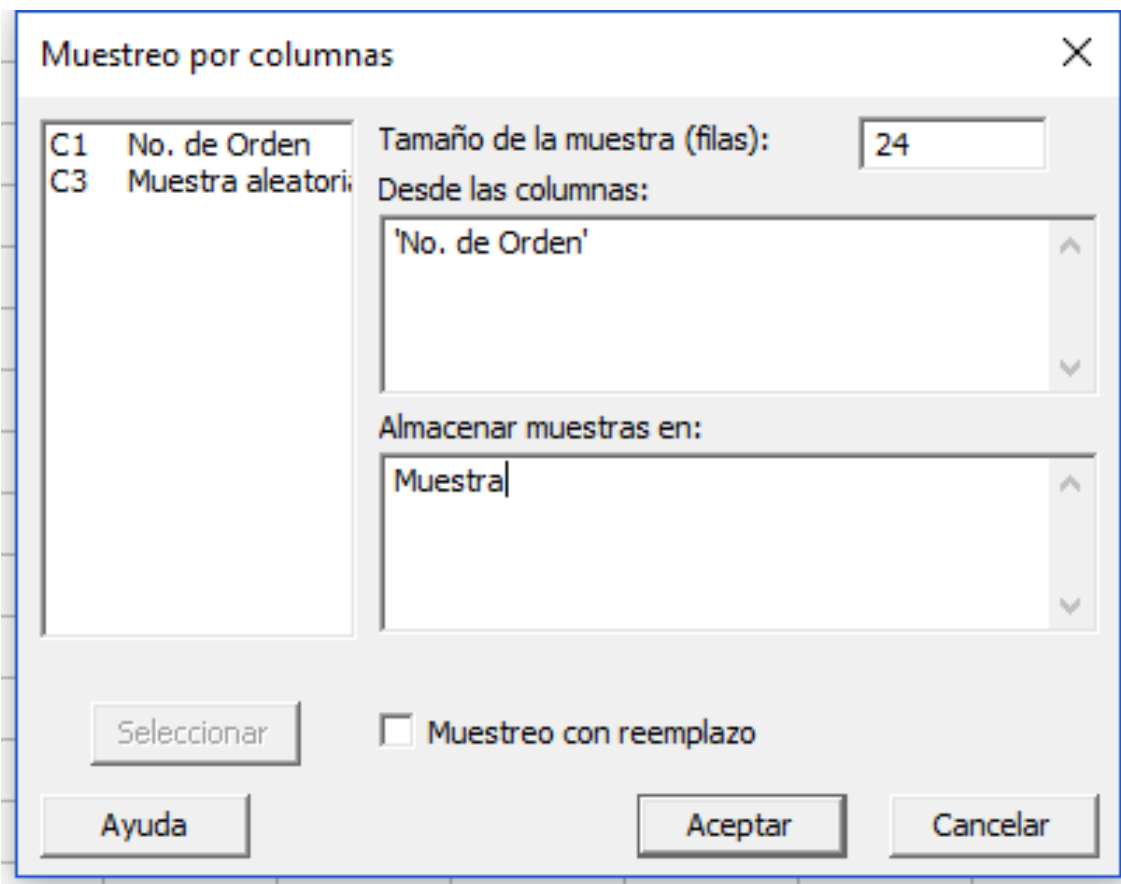
↓	C1	C2	C3	C4
	No. de Orden		Muestra aleatoria	
1	326		781	
2	489		646	
3	493		696	
4	513		489	
5	596		778	
6	615		713	
7	616		765	
8	644		707	
9	646		667	
10	651		717	
11	652		326	
12	655		697	
13	662		755	
14	667		651	
15	668		674	
16	673		782	
17	674		773	

Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

3.2.2. Aspectos a considerar en la selección de la muestra

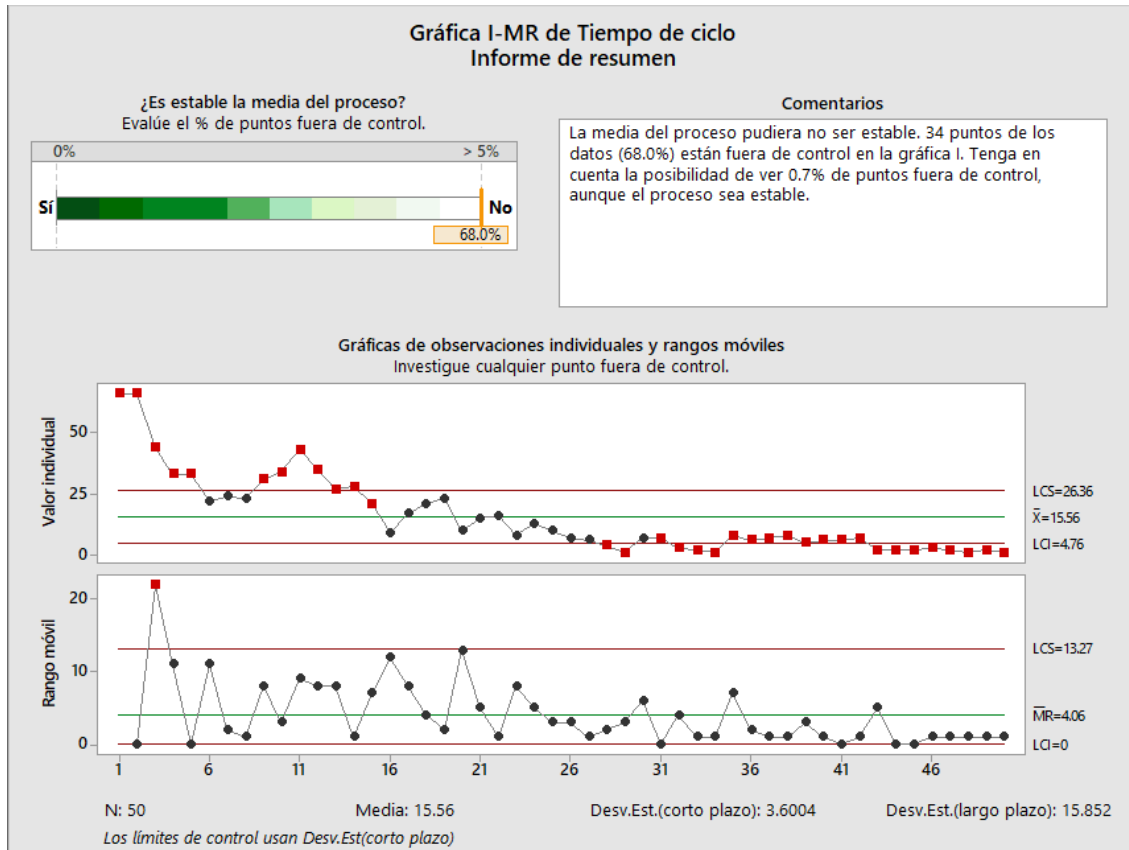
Minitab realiza la selección aleatoria, configurándose una muestra con un mínimo de 24 datos.

Figura 17. Selección del tamaño de la muestra en Minitab



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

Figura 19. Cálculo de los límites de control con Minitab



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

3.3. Procesos para controlar por atributos

El proceso operativo, necesariamente, requiere también control estadístico por atributos, por lo que será aplicado a los 5 procesos y se iniciarán con las observaciones más genéricas. Esto permite revisar los datos para un análisis más profundo con el fin de encontrar la causa raíz de las unidades no conformes (este análisis profundo no será el alcance de este trabajo). En tal sentido, se establecen los siguientes:

Tabla II. **Atributos a controlar en cada proceso operativos**

No.	Proceso	Atributo(s) a controlar
1	Mecánico	Número de defectos tales como: Piezas mal colocadas. Piezas flojas. Piezas incorrectas. Ruidos extraños.
2	Enderezado y preparado	Rayones, hendiduras, partes descubiertas, lijado incompleto, macillado deficiente.
3	Pintura y pulido	Pintura granulada, tono de pintura diferente al de la orden, tono de pintura diferente al de la pieza original, rallones en el pulido.
4	Armado	Piezas mal colocadas, piezas no están fijas, piezas incorrectas.
5	Proceso administrativo	Errores en fechas de entrega, error en facturación (descripción de artículos).

Fuente: elaboración propia.

3.3.1. Selección de muestra

Para los procesos controlados por atributos, se mantendrá la selección aleatoria simple. Se puede mantener la muestra seleccionada para el control por variables y concentrarse para este efecto, en los atributos establecidos en el numeral 3.3.

Figura 20. **Selección de la muestra en Minitab, de procesos controlados por atributos**

↓	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
		Muestra aleatoria	Errores en proceso mecanico	Errores en proceso enderezado	Errores en proceso pintura	Errores en proceso armado	Errores en proceso administrati
1		781	0	0	0	0	0
2		646	0	0	0	0	0
3		696	2	0	0	3	0
4		489	0	0	0	0	0
5		778	1	0	0	0	0
6		713	0	0	0	0	1
7		765	0	1	0	0	0
8		707	0	0	0	0	1
9		667	2	0	0	0	0
10		717	0	2	1	0	0
11		326	0	0	0	0	0
12		697	0	0	0	1	0
13		755	0	0	0	0	0
14		651	0	0	0	0	0
15		674	1	0	0	0	0
16		782	0	0	1	0	0
17		773	3	3	0	0	0
18		779	0	0	0	0	0
19		753	0	0	0	0	0
20		702	0	0	0	0	0
21		715	0	0	0	0	1
22		709	0	0	0	0	0
23		652	0	0	0	1	0
24		764	0	0	0	0	0
25							

Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

3.3.2. Aspectos a considerar en la selección de la muestra

Dado que la muestra inicial fue de 24, se continúa trabajando con esta para realizar el control por atributos.

Dado que la temporalidad de la muestra será bajo el método del período, los números de orden podrán ser preseleccionados al inicio del mes comercial y cuando ingrese el número de orden que será sometido a control, se realizará la auditoría de conformidad.

3.3.3. Tipo de gráfico a utilizar

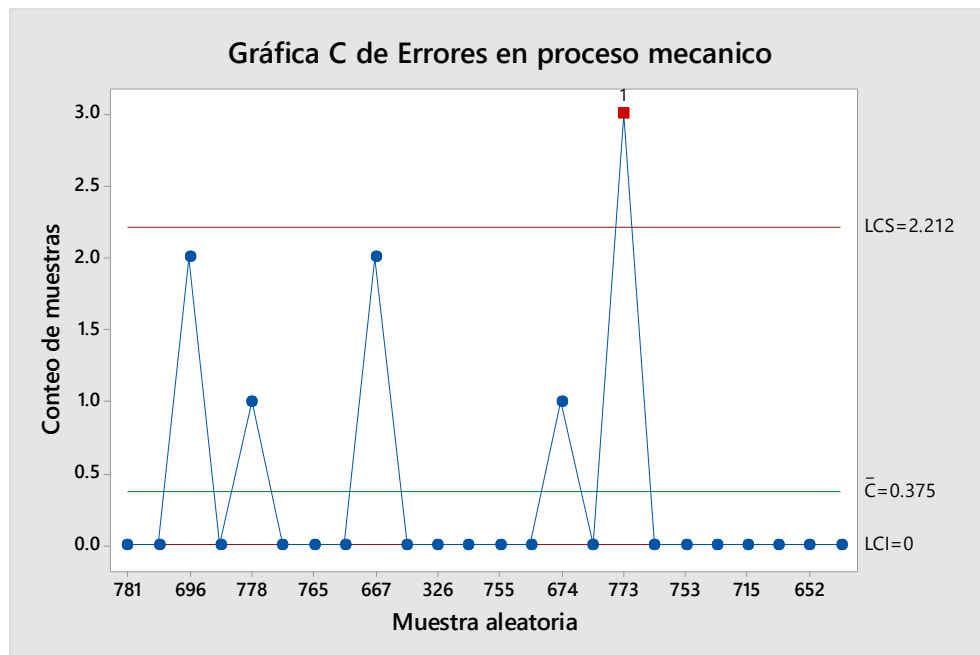
Se utilizará el Gráfico C para controlar el número de no conformidades por unidad de la muestra seleccionada en el numeral 3.3, dado que “Uno de los usos

es en punto de inspección, donde se busca localizar uno o más tipos de defectos relativamente menores, de tal forma que, aunque se encuentren defectos, el artículo no se rechaza”².

3.3.4. Cálculo de los límites de control

Utilizando Minitab, se establecerán los límites de control. Es importante mencionar que en caso existan límites de control con decimales, debe definirse si los límites se aproximan al entero superior o al inferior, dado que no podemos decir que se acepta 1,3 errores o inconformidades, por ejemplo:

Figura 21. **Cálculo de límites de control en Minitab para proceso mecánico**

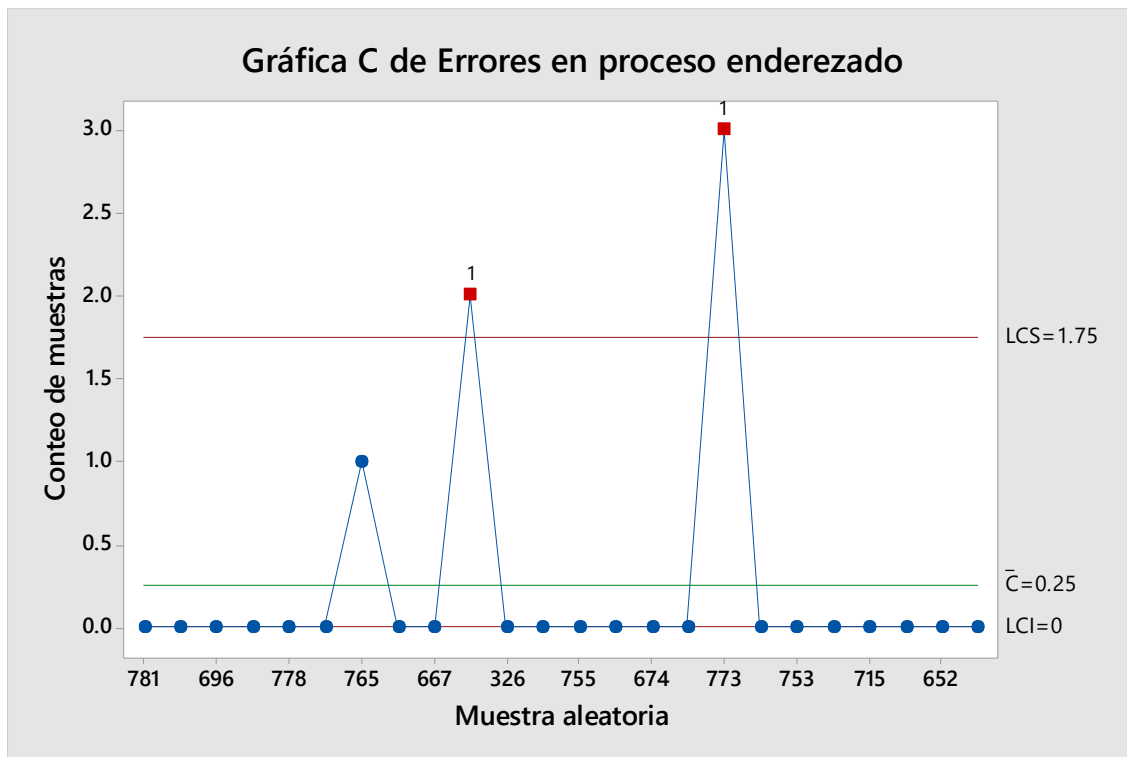


Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

² GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto; DE LA VARA SALAZAR, Román. *Control estadístico de calidad y seis sigmas*. p. 220.

Este proceso muestra límites de control en decimales, por lo que podría definirse que el límite de control superior es 2.

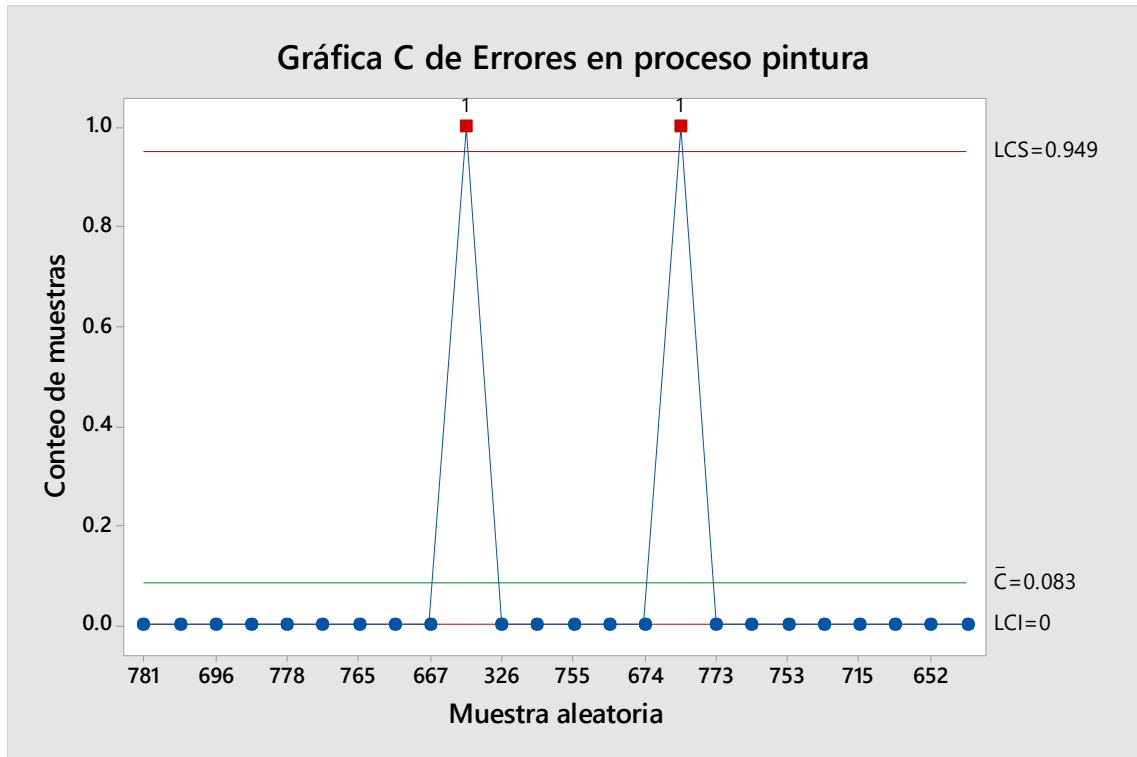
Figura 22. **Gráfico C en proceso de enderezado**



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

Al igual que en el gráfico de control anterior, esta muestra un LCS=1,75, pero se sabe que no puede decirse que hubo 1,75 errores, por lo que se puede establecer un LCS=2.

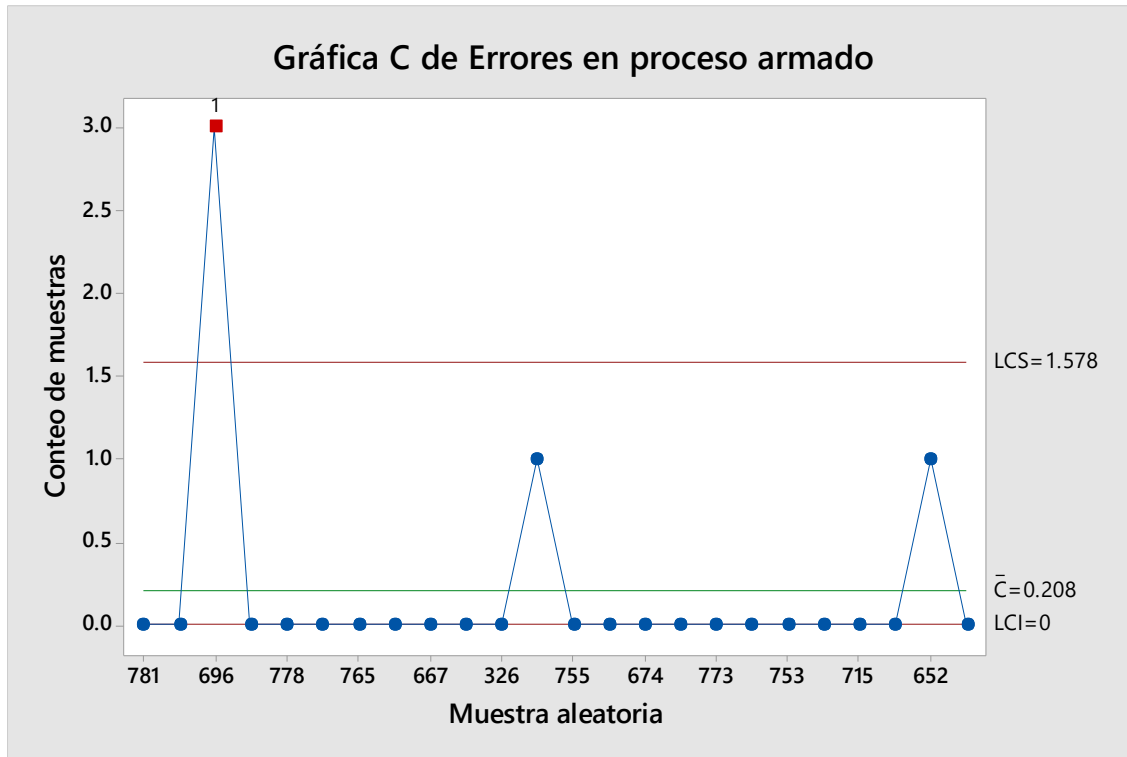
Figura 23. **Gráfico C para proceso de pintura**



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

En el gráfico de la figura 23, el LCS quedaría en 1.

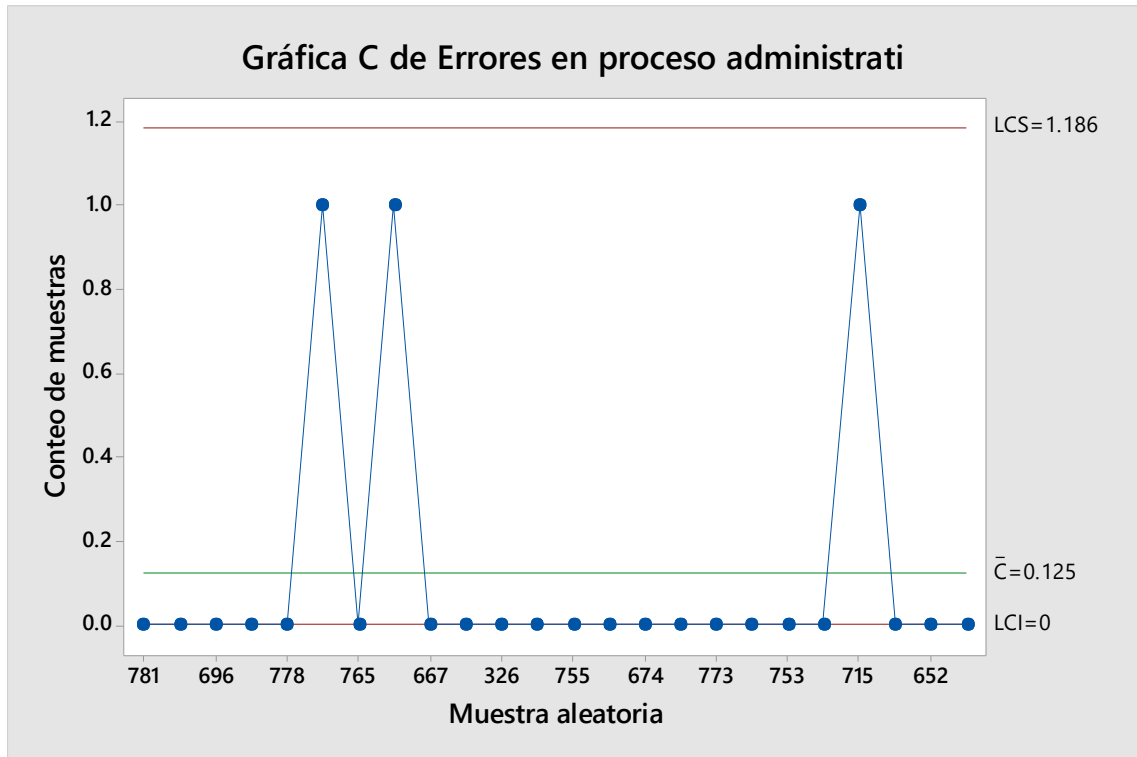
Figura 24. **Gráfico C de errores en proceso de armado**



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

Para el proceso de armado el LCS se puede fijar en 2. En caso se determine un estándar más exigente, puede establecerse un LCS=1.

Figura 25. **Gráfico C de errores en proceso administrativo**



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

3.4. Temporalidad a evaluar

A continuación, se describe la temporalidad de procesos por atributos y por variables.

3.4.1. Procesos por atributos

Mediante método del período, mensualmente se realizará la selección aleatoria simple de la muestra, siendo el universo el total de órdenes de servicio trabajadas durante el mes comercial en curso.

3.4.2. Procesos por variables

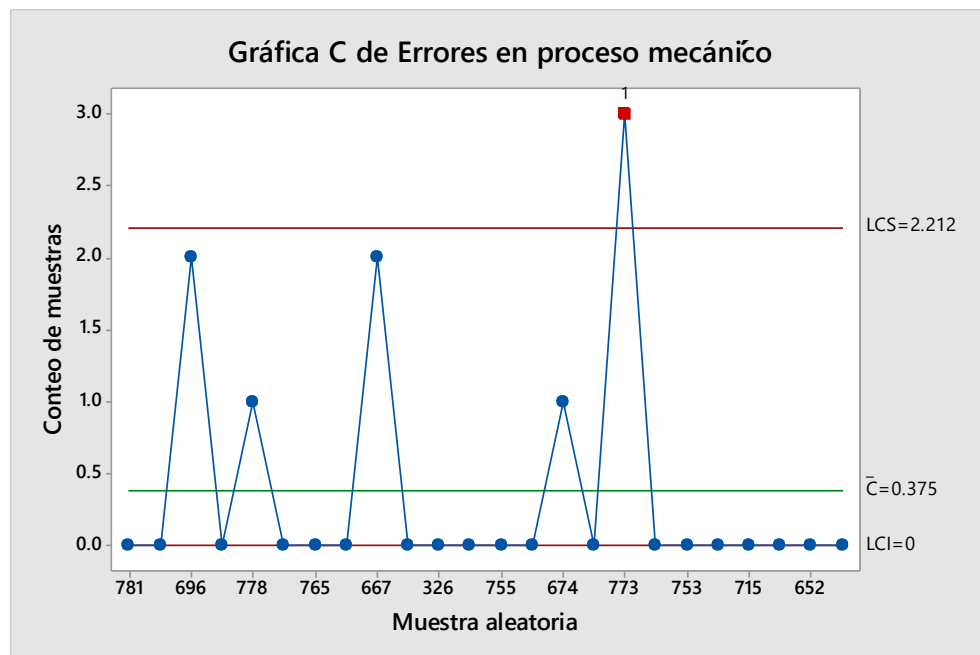
Al igual que en el control estadístico por atributos, el control del proceso por variables utilizará el método del período, siendo este el equivalente al mes comercial.

4. ANÁLISIS DE VARIABILIDAD DE LOS PROCESOS CLAVE DE LA INDUSTRIA METALMECÁNICA MEDIANTE CONTROL ESTADÍSTICO

4.1. Evaluación de procesos por atributos

Mediante la evaluación y análisis de los gráficos de control, se podrá establecer si alguno de los procesos claves ha estado funcionando de manera estable o no y determinar las causas en caso este fuera de control.

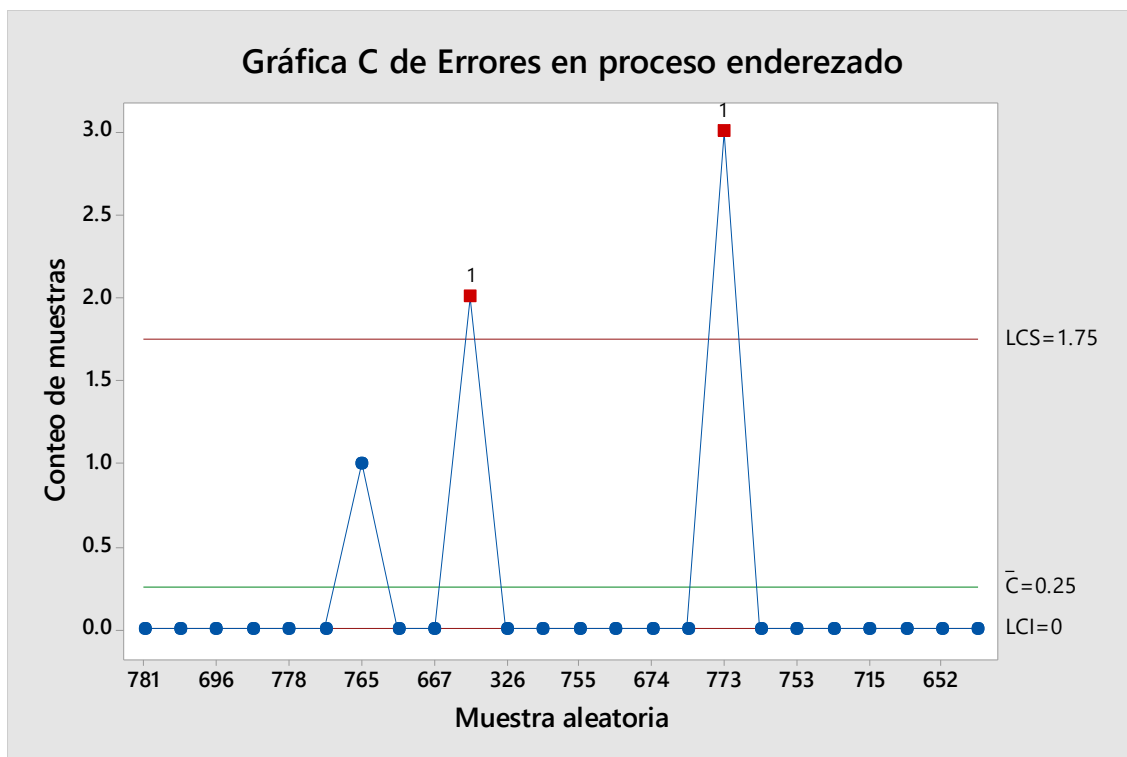
Figura 26. Gráfico C de errores en proceso mecánico



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

Para este caso, se puede observar que el proceso está bajo control, infiriendo que hubo un caso que se salió del límite superior establecido, sin embargo, había que indagar si es una causa asignable. Determinar la causa raíz conlleva una inversión puntual, por lo que a menos que este caso represente un error significativo a criterio del jefe de producción, puede permitirse, dado que en general el proceso muestra un comportamiento aceptable.

Figura 27. **Gráfico C de errores en proceso de enderezado**

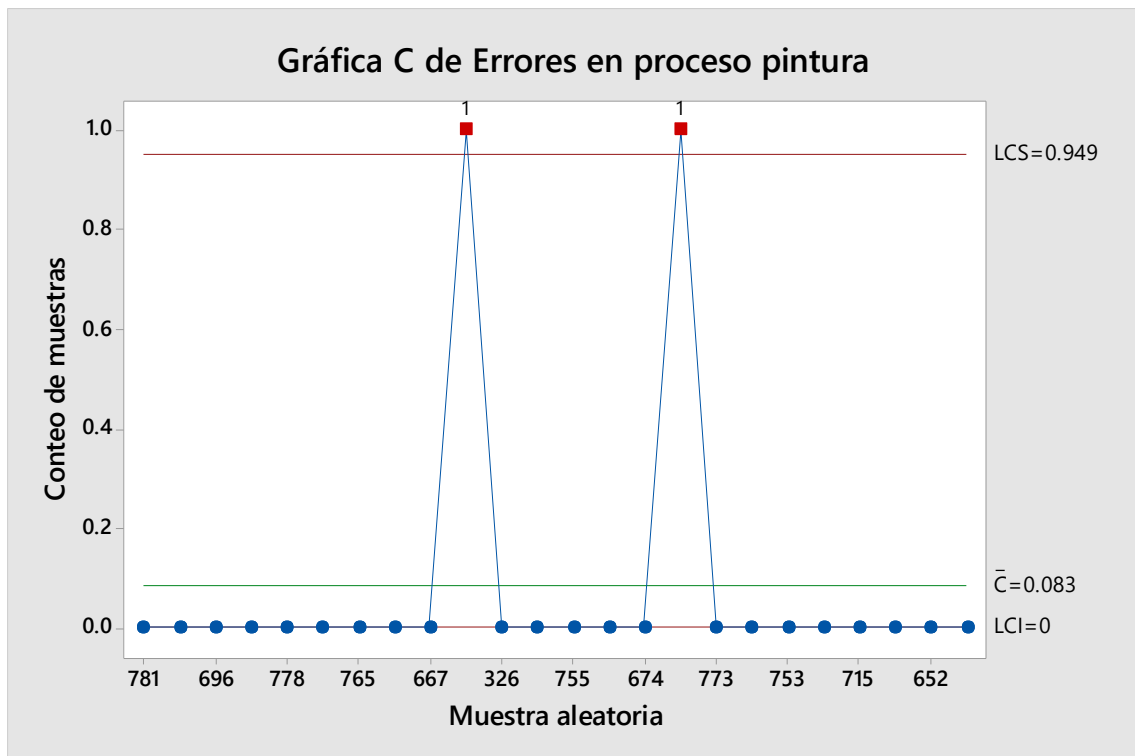


Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

En el proceso de enderezado y preparado, se nota que en la muestra existen dos eventos que excedieron el límite de control superior, por lo que habría que abrir la oportunidad a buscar la causa raíz de esos errores. Es importante

recordar que en este control estadístico no necesariamente se rechazaron las unidades, sino que permitió tener un punto de control para evitar que una no conformidad pasará al siguiente proceso.

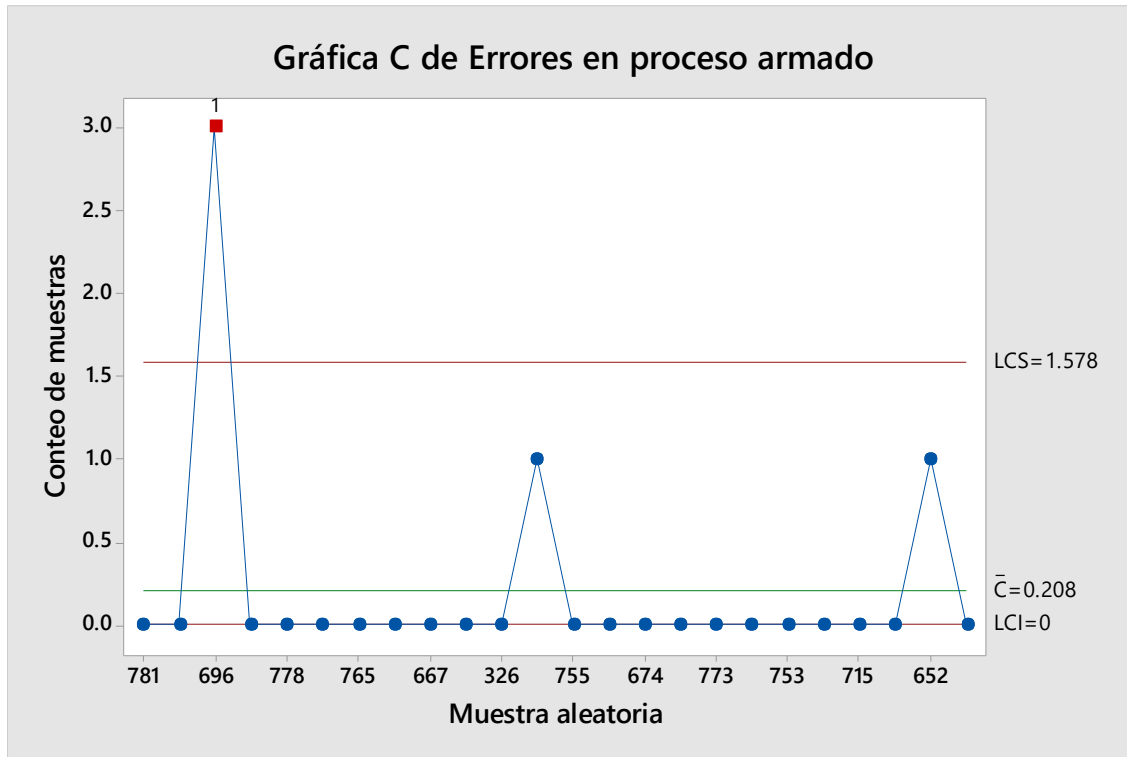
Figura 28. **Gráfico C de errores en proceso de pintura**



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

En este caso, Minitab estableció que el límite de control es 0,949, sin embargo, no se podría decir que se permite un 0,949 de error, por lo que se tendría que indicar que el LCS es 1. En ese sentido, el proceso es estable.

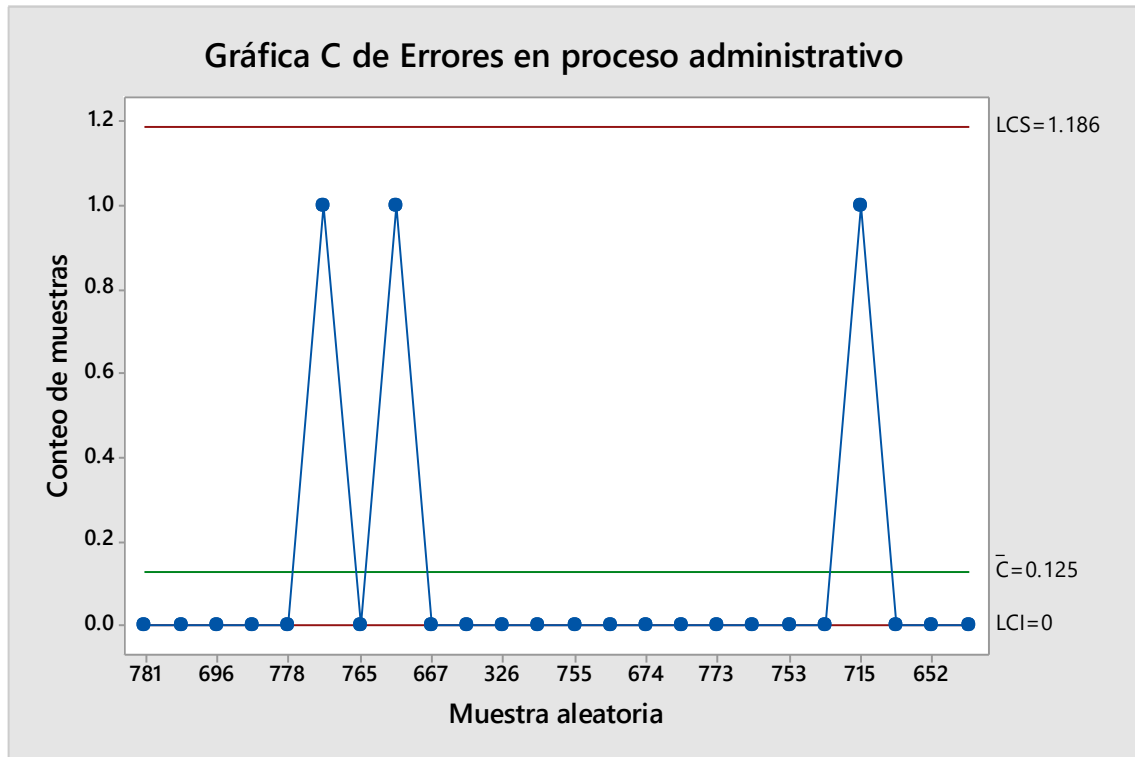
Figura 29. Gráfico C de errores en proceso de armado



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

El proceso de armado parece tener un comportamiento estable, a excepción de un caso que se salió del límite superior, por lo que existe oportunidad de analizar la causa raíz para descartar que sea una causa asignable o que existe necesidad de mejora en este proceso.

Figura 30. **Gráfico C de errores en proceso administrativo**



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

Este gráfico de control indica que el proceso administrativo está bajo control. Los errores encontrados son tolerables y es estable.

4.1.1. Tipos de error considerados

Con base en la literatura sobre control estadístico de calidad, se considerará error de tipo 1 o simplemente error 1 y error de tipo 2 o simplemente Error 2.

Error 1 se refiere cuando se cree que la fuente del error o de la no conformidad depende del elemento A y se realizan ajustes o se corrigen fuentes

de error en el elemento A, cuando en realidad la fuente del error es el elemento B.

Ejemplo de error 1:

- No conformidad: en el proceso de preparado hay un número incontrolado de macillado no aceptable.
- Solución planteada: la masilla es de baja calidad.
- Fuente de error real: el colaborador no fue correctamente entrenado para ejecutar el proceso de macillado.

Error 2 se referirá a las decisiones en las que se considere que la no conformidad es aceptable y que deben ajustarse los límites de control, sin embargo, la fuente de error sí es específica y está causando no conformidades.

Ejemplo de error 2:

- No conformidad: en el proceso de macillado existe un número incontrolado de no conformidades.
- Solución planteada: es normal, se debe ajustar el límite de control superior.
- Fuente de error real: las especificaciones técnicas de la masilla despachada por el proveedor, no cumple con el estándar requerido para el proceso.

4.1.2. Fuentes de errores

En la tabla III se describirán las fuentes de error más comunes, descritas por proceso:

Tabla III. Fuentes de error por proceso clave

Número	Proceso	Fuentes de error más comunes
1	Mecánico	<ul style="list-style-type: none">• El mecánico revisa más de un vehículo a la vez.• <i>Stock</i> insuficiente de repuestos necesarios para todas las órdenes.• El área está saturada de trabajo en proceso (WIP)
2	Enderezado y preparado	<ul style="list-style-type: none">• Técnicos requieren reforzar capacitación en el uso de las herramientas.• El espacio está saturado de WIP.
3	Pintura y pulido	<ul style="list-style-type: none">• Error en el mezclado en el laboratorio.
4	Armado	<ul style="list-style-type: none">• Mecánico y supervisor
5	Proceso administrativo	<ul style="list-style-type: none">• Recepcionista, asesor de servicio, auxiliar de controles e indirectamente, el armador.

Fuente: elaboración propia.

4.1.3. Posibles alternativas de solución

Mediante la implementación de la filosofía de trabajo *lean* (proceso esbelto) será posible lograr las *quick wins* (mejoras rápidas). La tercera ley *lean* se refiere a que debe existir un enfoque de trabajo para, en este caso, desvanecer las fuentes de aquellos errores que desestabilizan el proceso. En tal sentido, al hacer una revisión de los procesos controlados por variables, se evidencia cual debe ser nuestro enfoque:

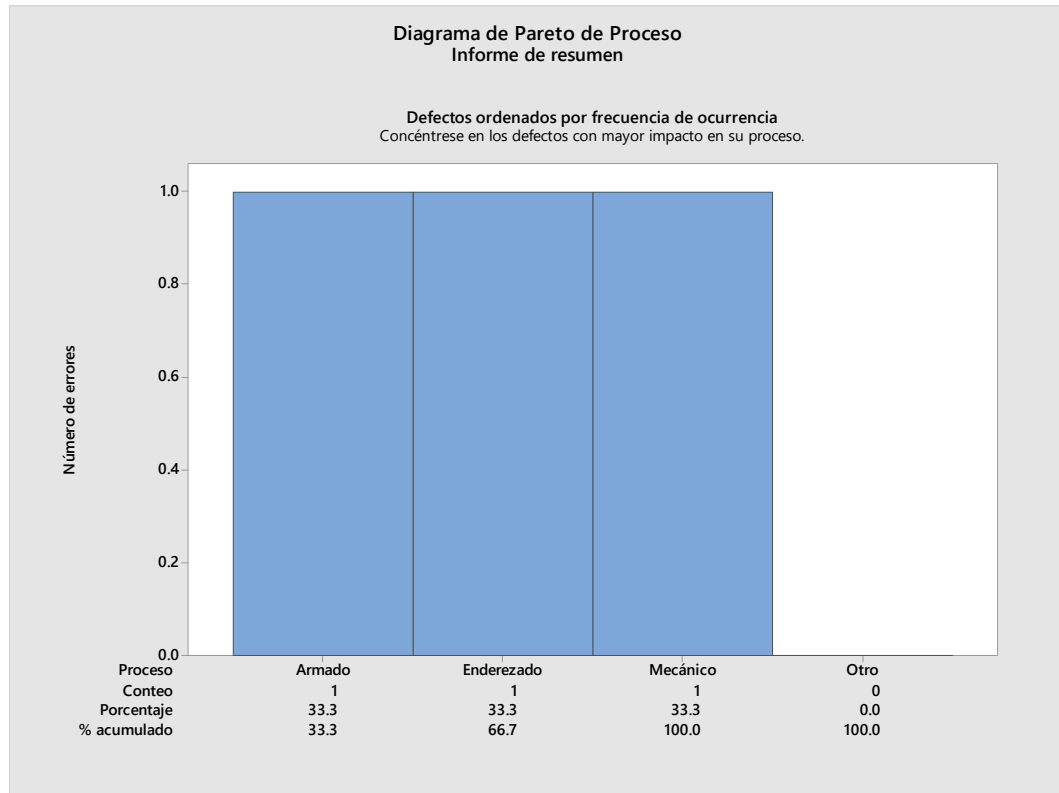
Tabla IV. **Procesos que requieren ser priorizados para la mejora**

Proceso	LSC	Número de errores que exceden el LSC en la muestra
Mecánico	2	1
Enderezado	2	1
Pintura	2	0
Armado	2	1
Administrativo	2	0

Fuente: elaboración propia.

Con base en estos datos, realizaremos un diagrama de Pareto para identificar los procesos vitales en los que se deben enfocar las mejoras que nos llevarán a las *quick wins*.

Figura 31. Diagrama de Pareto de procesos operativos



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

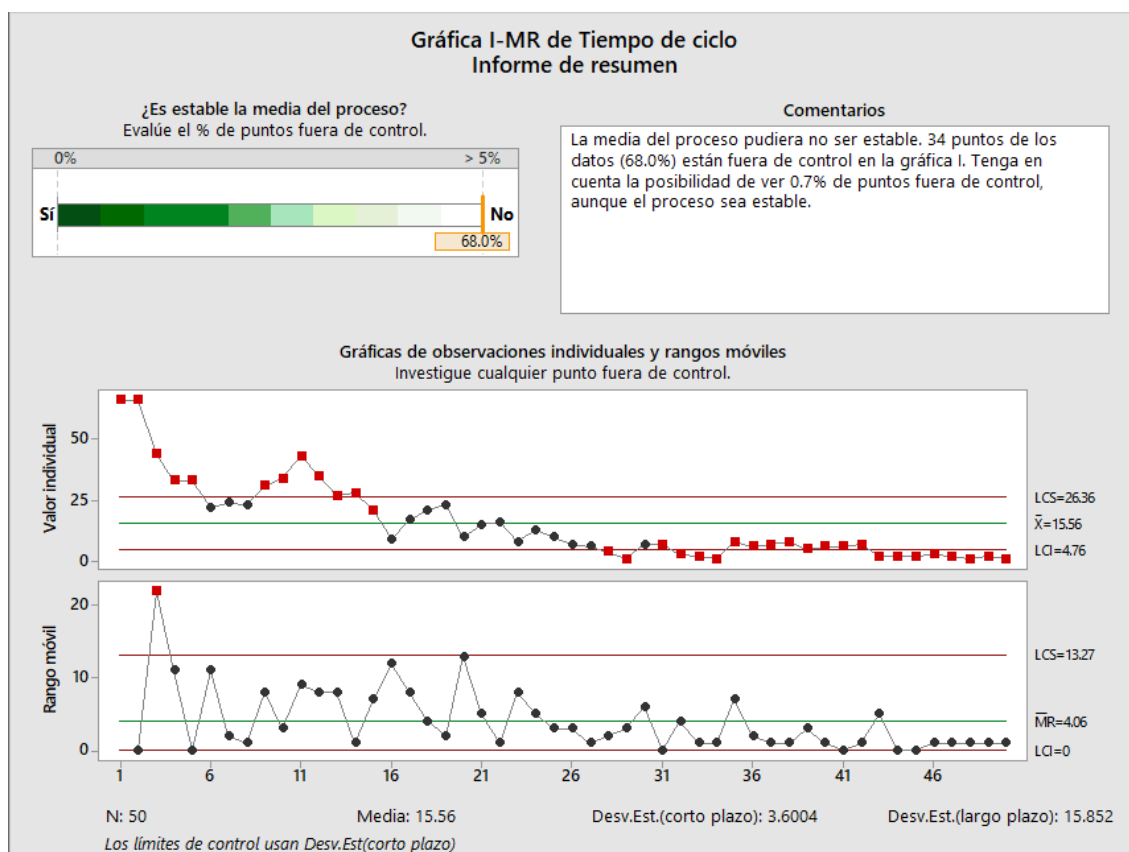
Por lo tanto, se puede observar que el proceso mecánico, enderezado y de armado requieren enfoque para mejorar el flujo de trabajo operativo.

En el plan de análisis de soluciones debe involucrarse a los dueños de proceso, quienes usualmente proponen soluciones sencillas y que mejoran significativamente los resultados, sin dejar de mencionar que al hacerlos participes de las soluciones, creará un clima organizacional en el que los colaboradores se sentirán motivados.

4.2. Evaluación de procesos por variables

En el numeral 3.2.4 se obtuvo el gráfico de control para el tiempo de ciclo, por lo que procederemos a evaluar el proceso.

Figura 32. Gráfico I-MR de tiempo de ciclo



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

Para obtener este gráfico se analizó una muestra de $n=50$, obteniendo un 68 % de los datos fuera de los límites de control de la gráfica I (individual), lo que indica que el proceso está alarmantemente inestable.

Al pasar a la gráfica de rango móvil (MR), se obtiene un 2 % de los valores por fuera de límite de control, excediendo la proporción aceptable de 0,9 %.

Esto lleva a analizar si el tipo de gráfico que se tiene es el adecuado. Esto se discutirá en el numeral 4.4.

4.2.1. Tipos de error considerados

En este caso de control estadístico por variables, no se hablará de tipos de error, pero sí de tipos de causas de variación.

Por lo tanto, se hablará de variación por causas comunes y variación por causas especiales.

Ejemplo de variación por causas comunes:

- El tiempo de ciclo de unidades entregadas tiene una variación durante meses de invierno. Esta es causa común porque se sabe que durante esta temporalidad incrementa la demanda de servicios. Las cartas de control deberían predecir que, en la transición de temporada, existe una variación.

Ejemplo de variación por causas especiales:

- El tiempo de ciclo de unidades entregadas varió debido que, por investigaciones que se realizan en aduana, están retenidos el pedido de repuestos para la operación.

4.2.1.1. Fuentes de errores

Se analizarán las posibles fuentes de variación mediante la herramienta de los 7 desperdicios, herramienta básica y fundamental en la filosofía *lean*:

Tabla V. **Fuentes de errores bajo la herramienta de 7 desperdicios**

Proceso	Fuente de variación
Correcciones	No se evidenciaron correcciones.
Inventario	Existe un área en la que se resguardan las piezas y accesorios que han sido reemplazadas. Se mantienen sin clasificar y sin registros de trazabilidad, sin etiquetar y sin gestión de inventario. Estas piezas son recogidas por un proveedor que las recoge cada dos semanas.
Movimientos	Diariamente es necesario movilizar los vehículos del área donde pasan la noche, hacia espacios que permitan a los operadores realizar su trabajo. De esta forma, se pierde al menos 20 minutos diarios en iniciar actividades que agregan valor. Operarios necesitan realizar consultas cada quincena sobre el pago recibido. Esto genera movimientos de los trabajadores en su área de operación al área administrativa, en donde deben esperar algunos minutos para ser atendidos. Estas son movimientos que no generan valor.

Continuación de la tabla V.

Proceso	Fuente de variación
Traslados	El encargado de controles se traslada diariamente del taller 1 al taller 2, con el objetivo de revisar las ordenes de materiales. Esto genera inversión de combustible y de tiempo del colaborador que podría invertirse en actividades que agreguen valor.
Esperas	<p>La cadena de suministro de piezas y materiales nuevos, no se llevan por medio de un sistema de gestión automatizado que permita ser ágil, por lo que el operario debe esperar mientras los ítems que requiere son encontrados.</p> <p>Colaboradores deben esperar a que les sean atendidos para resolver dudas sobre el pago de trabajos realizados. Esto genera esperas para que un vehículo sea finalizado y entregado.</p>
Desaprovechamiento de talento humano	<p>Se podría aprovechar el talento humano de algunos colaboradores para gestionar el sistema de inventario.</p> <p>Colaboradores deben estar moviendo vehículos a diario, para abrir espacios de trabajo. Esta es una actividad que no agrega valor.</p>
Sobreproducción	No se observó sobreproducción. Los vehículos son entregados a la brevedad al ser finalizados.
Sobreproceso	No se evidenció.

Fuente: elaboración propia.

4.2.1.2. Posibles alternativas de solución

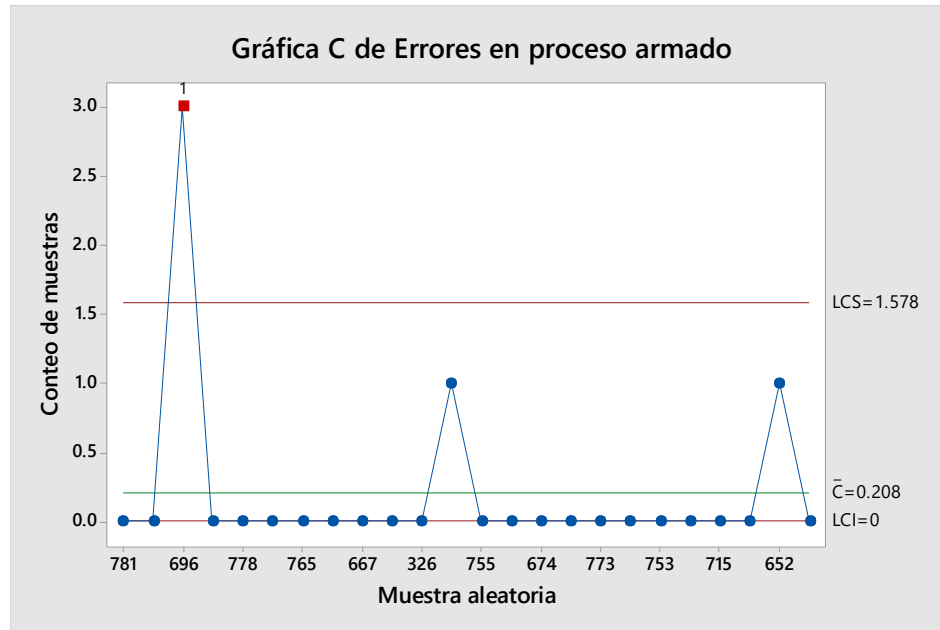
Es imperativo que el personal operativo esté involucrado en encontrar las alternativas de solución o de mitigación de las fuentes de variación, será la única forma de descubrir soluciones acertadas. Idealmente, debería ser un ejercicio liderado por un tercero que domine herramientas de filosofía *lean* y de control estadístico a fin de orientar el proceso y extraer las mejoras propuestas, implementarlas y mantenerlas.

4.3. Evaluación del tipo de gráfico por proceso

En el numeral 4.1, se analizó a detalle los gráficos de control de procesos controlados mediante atributos. Se pudo observar que los errores en las muestras eran pocos. Esta situación contrasta con la literatura sobre el uso de los gráficos C, puesto que, “Si en cada subgrupo se esperan cero o muy pocos defectos, mucho menos de nueve, usualmente la carta no es efectiva. En esos casos, se debe buscar un incremento en el tamaño del subgrupo u otras alternativas”³. En tal sentido, se plantea que se utilice este gráfico por un período, y evaluar si luego de un período entre 3 y 6 meses, ha sido de utilidad para abordar las alertas que haya planteado y que esas alertas hayan significado una mejora significativa en el control por atributos.

³ GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto; DE LA VARA SALAZAR, Román. *Control estadístico de calidad y seis sigmas*. p. 226.

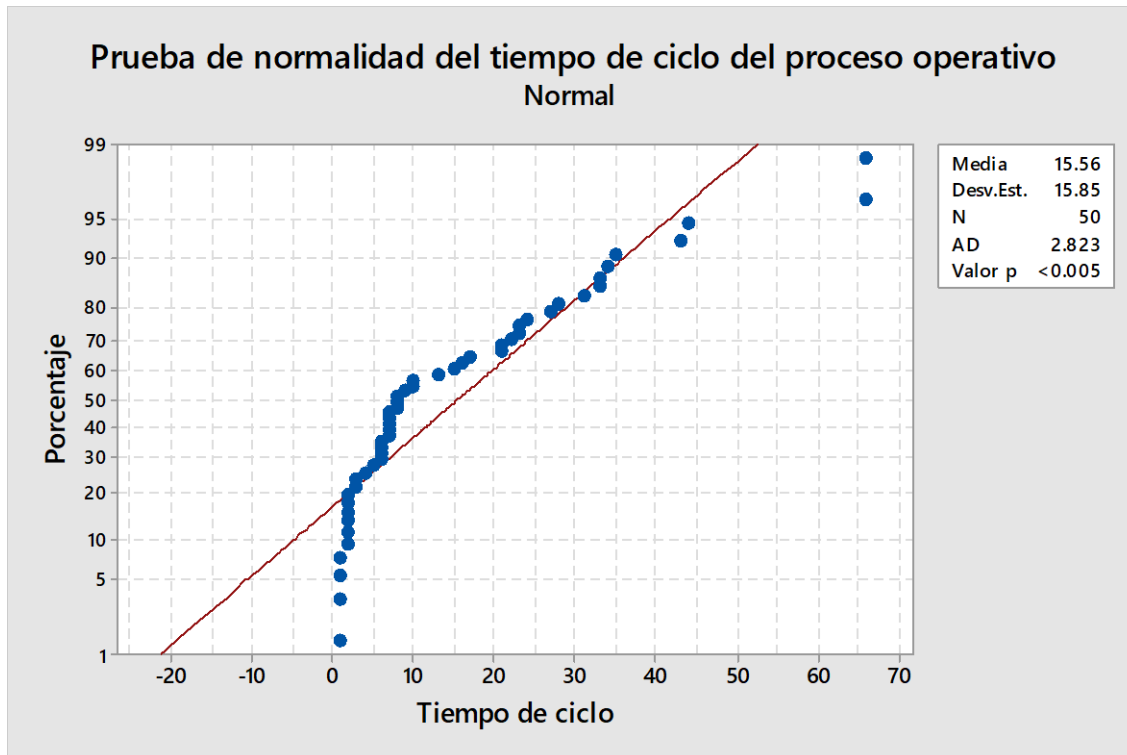
Figura 33. **Gráfico C de errores de proceso de armado**



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

Para el caso del control por variables, fue notable que el comportamiento del proceso muestra inestabilidad en el gráfico individual, lo que en este apartado permite realizar la prueba de normalidad de los datos.

Figura 34. Prueba de normalidad del tiempo de ciclo de proceso operativo



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

En la figura 34 se indica que el nivel de significancia es menor a 5 %, por lo que se puede concluir que los datos no siguen una distribución normal.

El gráfico podría proporcionar falsas alarmas o, en el peor de los casos, enviar señales de alerta y ser ignorados, debido a que existen muchos puntos fuera de control.

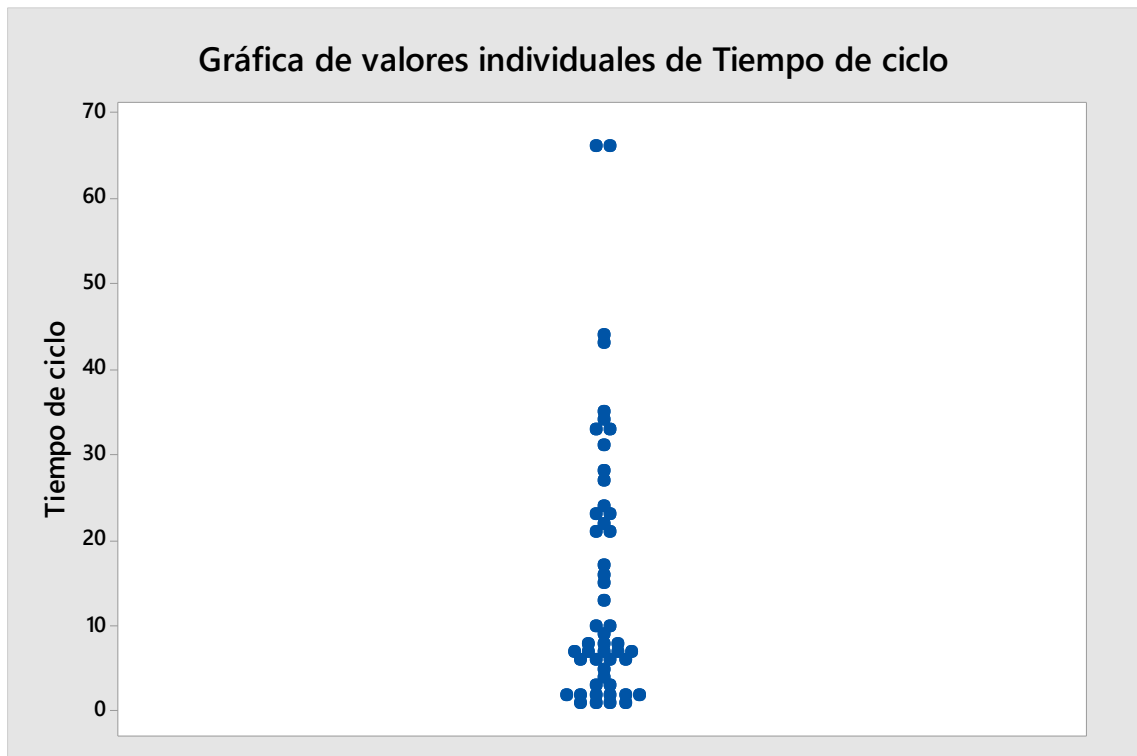
Por lo tanto, será necesario determinar si se están tomando en cuenta los tiempos de ciclo de los casos especiales, pues estos deberían quedar fuera del análisis para no afectar el gráfico. Por otro lado, la literatura sugiere que al

incrementar el tamaño de la muestra podría ampliar el panorama y determinar cuál de las causas aquí propuestas, es la más acertada.

4.3.1. Variables evaluadas

La prueba de normalidad indicó que los datos no siguen una distribución normal, por lo que es necesario analizar un gráfico de valores individuales para explorar la posible causa.

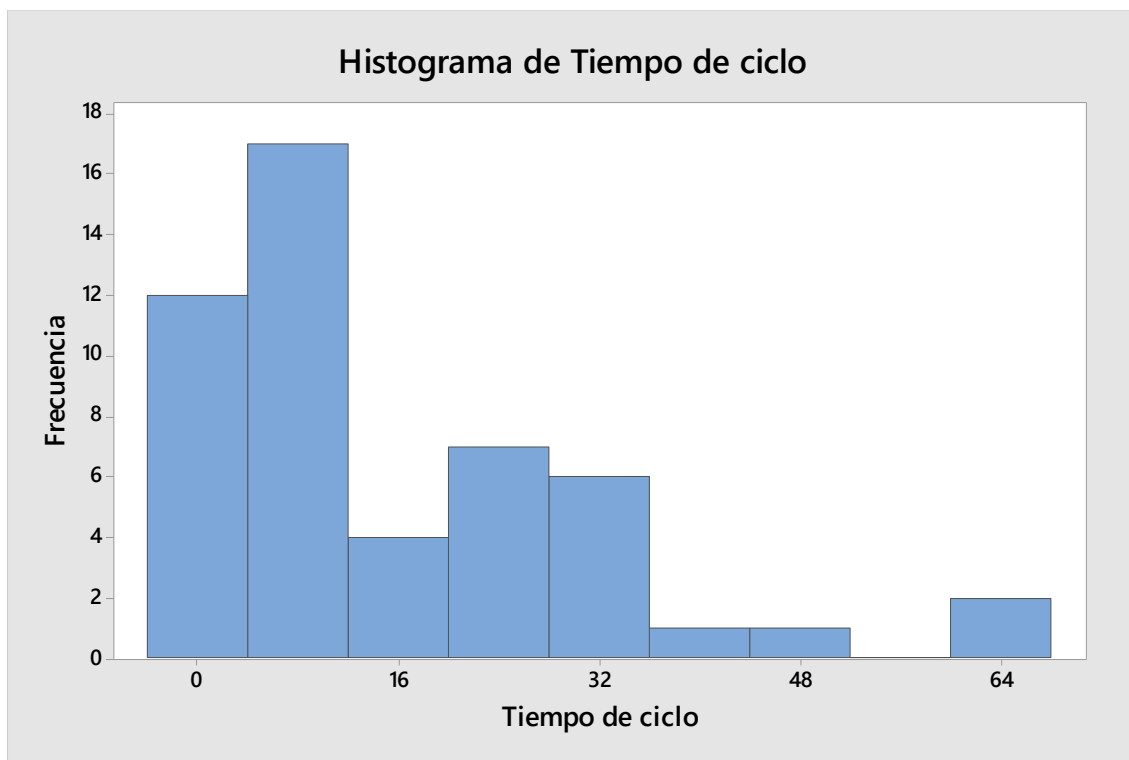
Figura 35. **Gráfico de valores individuales para tiempos de ciclo**



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

Este gráfico muestra 4 valores alejados de los 46 datos restantes, lo que pudiera dar una pauta de que estos casos han provocado una distribución no normal. Se analizará un histograma, para tener otra perspectiva de la distribución de los datos:

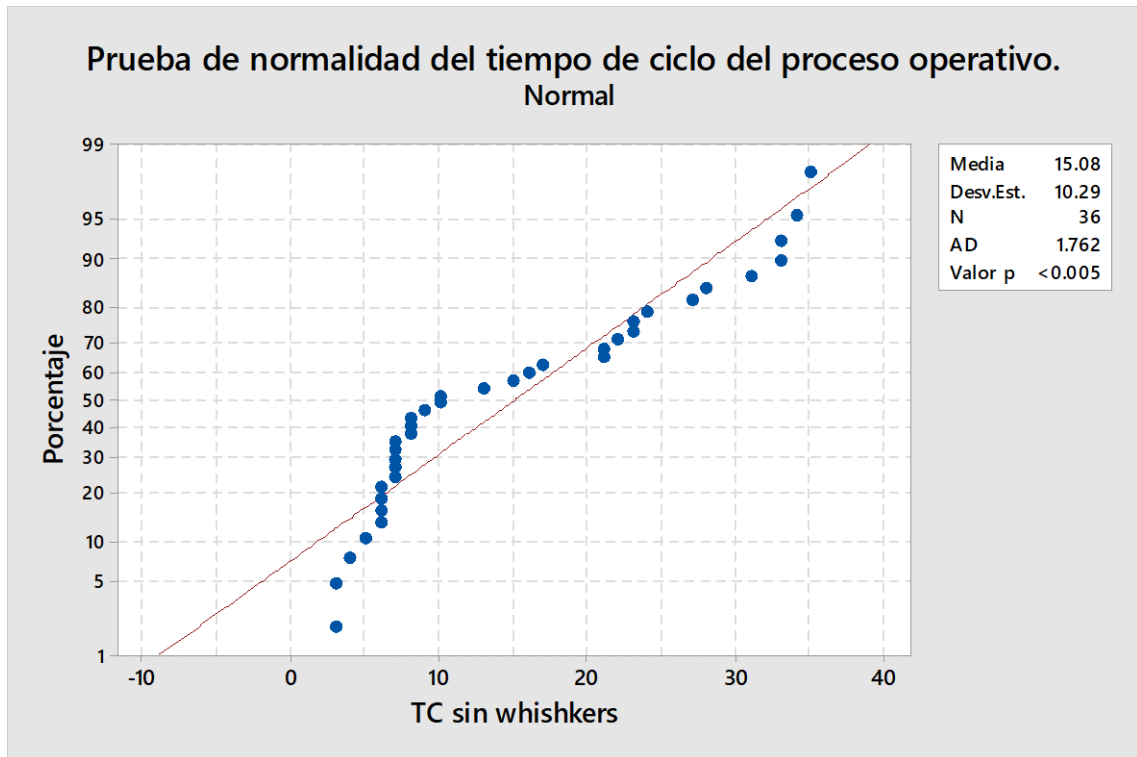
Figura 36. **Histograma de tiempos de ciclo**



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

El histograma da la pauta de que, aunque no se tomarán en cuenta los datos atípicos (clases 36-44, 44-52 y 60-68), los datos mantendrían una distribución no normal, tal como se puede observar en la figura 37:

Figura 37. Prueba de normalidad del tiempo de ciclo de proceso operativo



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

4.3.2. Método de medición de variables

Dado que se ha elegido el método de la temporalidad y que será para las órdenes de un mes, se mantendrán los registros de los errores y variables. Basados en los registros, se podrá desarrollar el control estadístico por atributos y variables.

4.3.2.1. Instrumentos de medición

En primera instancia, se tendrá un instrumento para control y registro de las no conformidades para cada uno de los procesos. Este instrumento es aplicable para los cinco procesos operativos.

Figura 38. **Modelo de instrumento de control de conformidad**

Instrumento de control de conformidad

<p>Responsable de inspección (firma y sello):</p> <p>Fecha de revisión: _____</p> <p>Proceso inspeccionado:</p> <p><input type="checkbox"/> Mecánico</p> <p><input type="checkbox"/> Enderezado y preparado</p> <p><input type="checkbox"/> Pintura y pulido</p> <p><input type="checkbox"/> Armado</p> <p><input type="checkbox"/> Administrativo</p>	<p>Dictamen</p> <p>Fecha: _____</p> <p><input type="checkbox"/> Conforme</p> <p><input type="checkbox"/> No conforme</p> <p>Motivo de la no conformidad: (Describa la no conformidad y la cantidad encontrada)</p>
<p>Observaciones</p>	<p>Constancia de recepción de revisión</p> <p>Fecha: _____</p> <p>Nombre de quien recibe la revisión:</p> <p>_____</p>

Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, se tendrá un instrumento que permitirá consolidar las no conformidades, por cada uno de los procesos, analizar el comportamiento individual.

Se sugiera que esta información sea descargada en una base de datos que permita tener los registros para futuros análisis. Se puede utilizar un instrumento sencillo en Microsoft Excel, hasta uno más elaborado en Microsoft Access.

Figura 39. **Modelo de instrumento de consolidado de no conformidades por proceso**

Consolidado de no conformidades por procesos.

Proceso: <input type="checkbox"/> Mecánico <input type="checkbox"/> Enderezado y preparado <input type="checkbox"/> Pintura y pulido <input type="checkbox"/> Armado <input type="checkbox"/> Administrativo	Responsable de registro: <hr/> Jefe de taller:
---	---

No. de orden	Cantidad de defectos	Operador
300		

Descripción del defecto	Período de análisis:	Total de no conformidades en el período
Reparaciones indicadas en la orden están incompletas	IIII II	7
Rayones no reportados	IIII	4
	Total:	11

Fuente: elaboración propia.

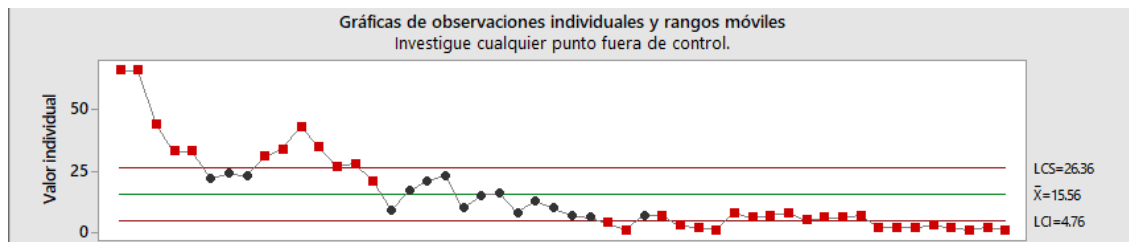
4.4. Evaluación de los límites de control estadístico por proceso

En este apartado se analizará a detalle los límites de control calculados por Minitab, para cada uno de los gráficos de control que se están trabajando.

4.4.1. Procesos por variables

El período de entrega ha sido la variable bajo análisis. Minitab ha determinado, automáticamente, los límites de control y, para este caso, existen demasiados puntos fuera de los mismos. En primera instancia, podría considerarse que los límites deberían recalcularse, a fin de ampliarlos pues podrían estar en un rango muy limitado. Sin embargo, la variabilidad que tiene el proceso podría llevar a considerar que lo que debe hacerse de inmediato es analizar las causas de la variabilidad.

Figura 40. **Gráfico de observaciones individuales y rangos móviles de los tiempos de entrega**



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

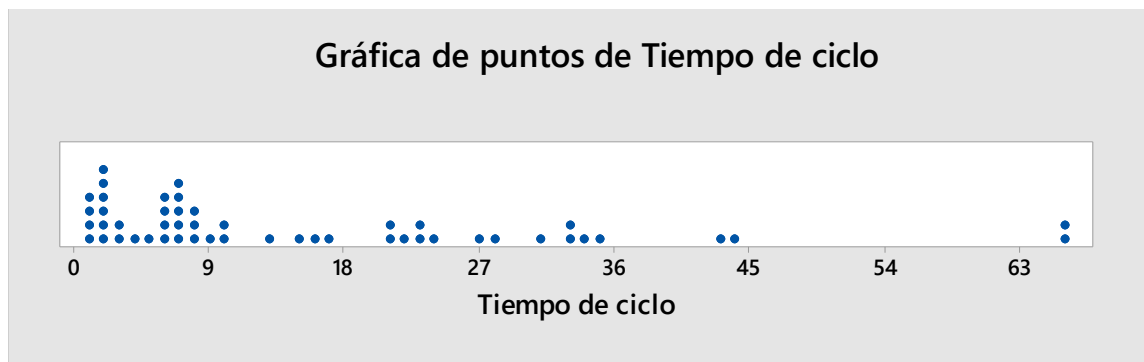
4.4.2. Principales hallazgos

Dado que el proceso controlado por variables pareciera estar dando muchas alertas y que la prueba indicara que la distribución no es normal, en el apartado 4.4.1 se realizó una exploración de los datos a fin de determinar si eliminando los datos atípicos, el escenario tenía una explicación. Sin embargo, no fue así.

El diagrama de valores individuales del apartado 4.4.1 ofreció un análisis visual limitado, por lo que en un diagrama de puntos podría darnos ser más útil.

En este diagrama se puede observar que existen clases o familias de datos muy bien agrupadas, por lo que en el apartado 4.8 se ampliará esta discusión.

Figura 41. **Gráfico de puntos de tiempo de ciclo**

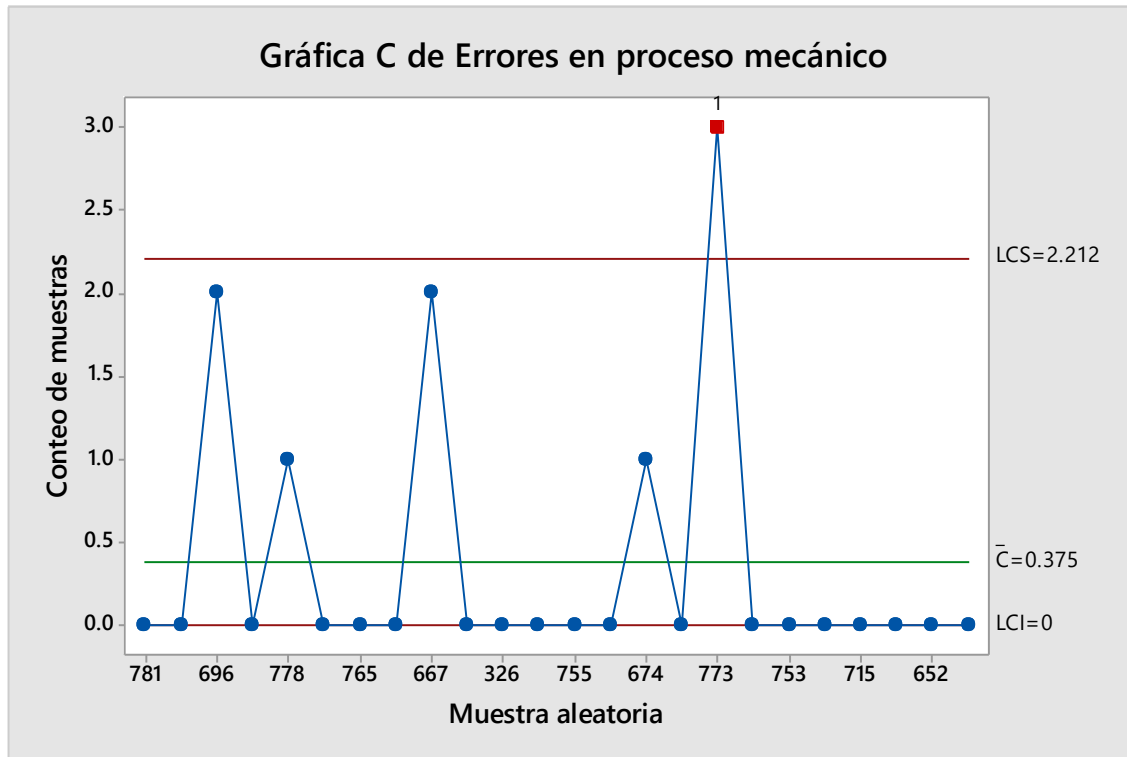


Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

4.4.3. Procesos por atributos

En el Gráfico C del proceso mecánico, se obtuvieron los límites de control de la Ilustración 9. En este se puede notar que el límite de control superior (LCS) es de 2.212, sin embargo, no se puede decir que hubo una fracción de error, por lo que se debe definir un entero. En este caso se aplicará el criterio de aproximación, por lo que el LCS para este caso se analizará como 2.

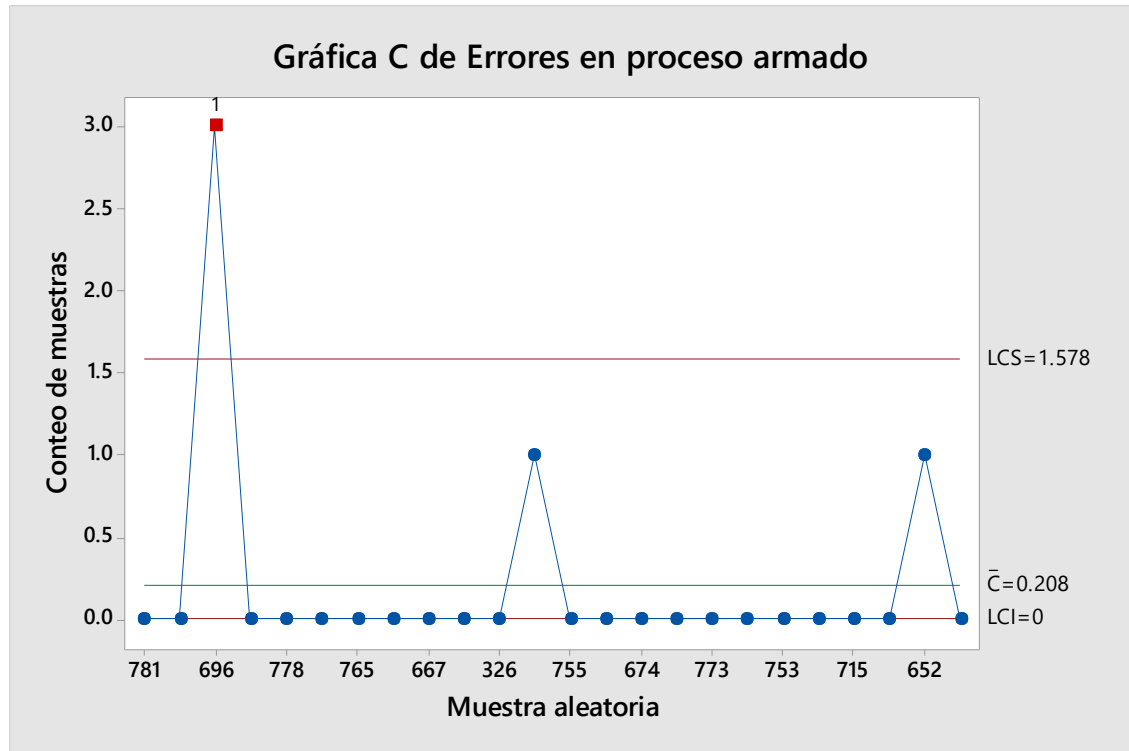
Figura 42. Gráfico C de errores en proceso mecánico



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

En el caso del gráfico del proceso de armado, se tiene un LCS de 1,578, por lo que se aproximaría a 2 y para fines de interpretación del gráfico 2 sería el LCS.

Figura 43. **Gráfico C de errores en proceso de armado**



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

En el caso de los límites de control inferior, estos han quedado en 0. Es posible que haya existido un LCI en negativo, pero no pueden existir no conformidades menores a 0, por lo que automáticamente Minitab ha determinado 0.

4.5. Alimentación del Minitab para obtención de gráficos

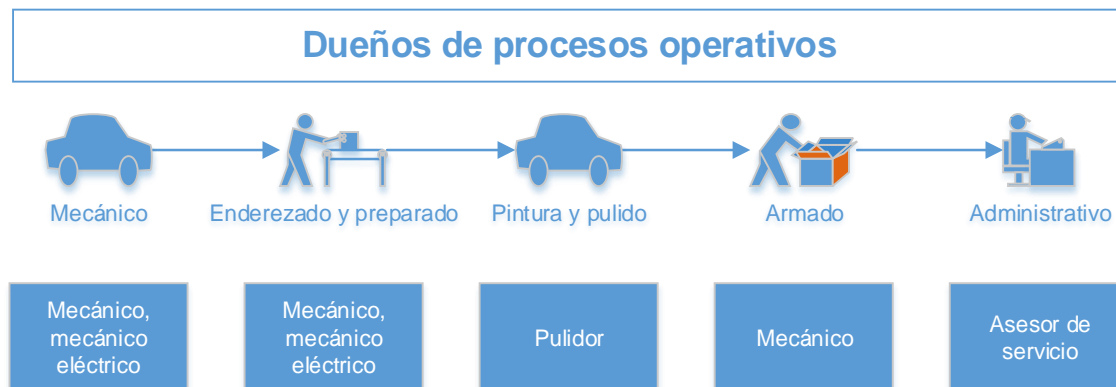
Es de suma importancia mantener la información documentada de las muestras inspeccionadas. Por otro lado, se debe mantener una base de datos en la que se vacíe toda la información recopilada con los instrumentos de medición

establecidos en el apartado 4.4.3. Esto permitirá trasladar los datos a Minitab en cualquier momento y para diversos análisis gráficos y cálculo de estadísticos.

4.5.1. Dueños de los procesos

Para cada uno de los procesos, deben ser los operadores, o llamados dueños de procesos, quienes se involucren en el análisis de causa y efecto, a la vez proponer soluciones a las causas de variabilidad.

Figura 44. Representación gráfica de dueños de proceso



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2016.

4.5.2. Temporalidad

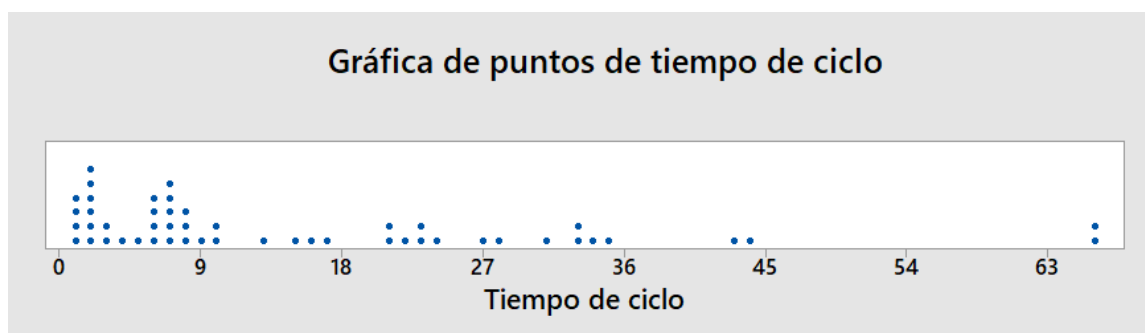
Dado que se ha establecido una periodicidad mensual para la inspección de muestras, por lo tanto, podría tenerse un análisis de causas con esta misma periodicidad.

4.6. Análisis de gráficos en Minitab por proceso

Para los procesos operativos se utilizaron gráficos C para los procesos controlados por atributos; gráficos *I-MR*, para los procesos controlados por variables.

Sin embargo, en el gráfico *I-MR* parece ser que el proceso está en total descontrol, que es inestable o que son demasiadas falsas alarmas. Esto nos llevó a realizar la prueba de normalidad, histograma y gráfico de valores individuales para determinar si el gráfico era adecuado. Estos gráficos indican que es necesario revisar la distribución de los datos mediante un gráfico de puntos para buscar patrones que lleven a la causa de la no normalidad de los datos.

Figura 45. **Gráfico de puntos de los tiempos de entrega de órdenes de trabajo**



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

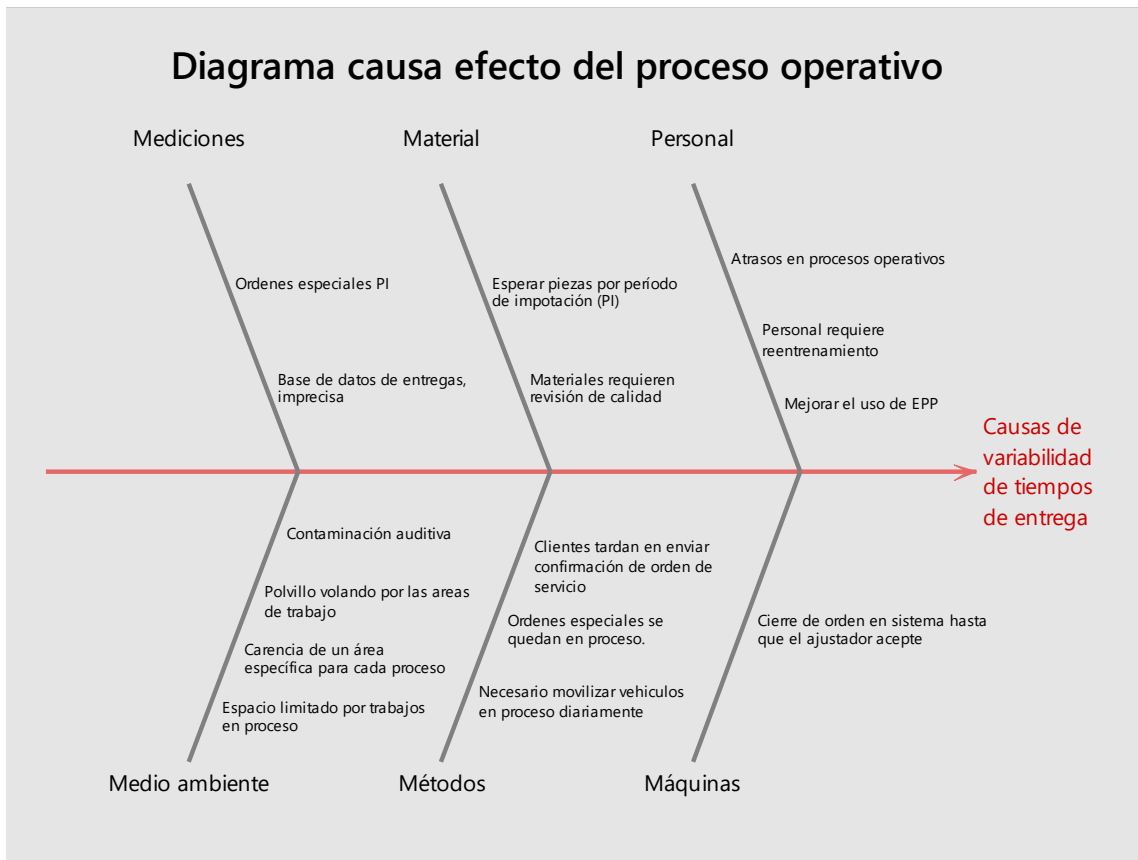
Este gráfico permite observar que existe una segmentación bien definida de los *delivery times* o tiempos de entrega, por lo que es posible que esto esté generando una distribución no normal de los datos.

Bajo esta consideración, podrá rezarse en un Ishikawa las causas de la estratificación de los datos y concluir si es necesario limitar los tipos de trabajo que me permitirán un ANÁLISIS y control estadístico no contaminado con tiempos de entrega atípicos y con causas asignables para no incurrir en el Error 2.

4.7. Análisis de Ishikawa de las 6M en la variabilidad de los procesos actuales

Dentro de este análisis será recomendable revisar las causas que pudieran dar un impacto más significativo en el efecto que se está estudiando, a fin de establecer las medidas de mejora que permitan minimizar la variabilidad del tiempo de entrega del proceso operativo.

Figura 46. **Diagrama de Ishikawa para analizar las causas de variabilidad del tiempo de entrega**



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

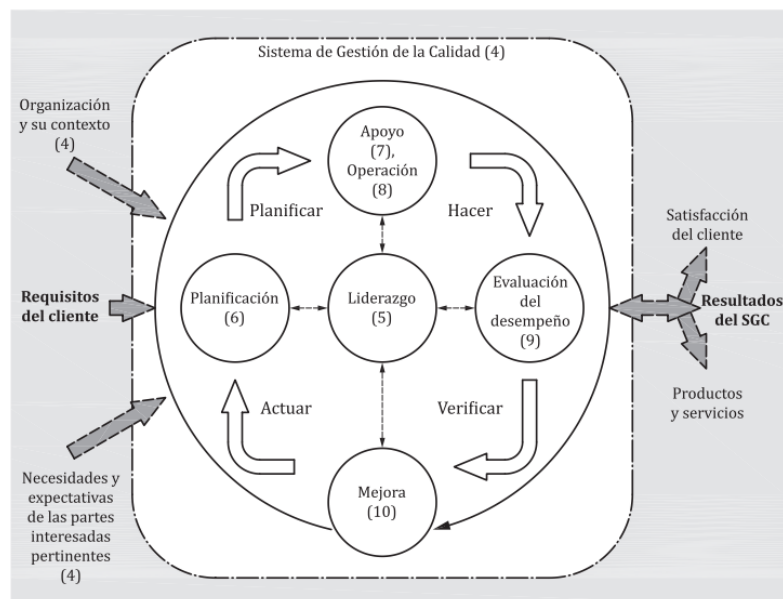
Este ejercicio debiera ser participativo entre personal de todos los niveles jerárquicos de la empresa, garantizando que existan aportes de los dueños de procesos y que sean implementados.

5. SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD MEDIANTE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS EN MINITAB DE LA INDUSTRIA METALMECÁNICA AUTOMOTRIZ

5.1. Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) mediante control estadístico

El modelo de referencia para el sistema de gestión de calidad, es el establecido por la Organización Internacional de Estándares (ISO, 9001), bajo la metodología PHVA (planificar, hacer, verificar y actuar).

Figura 47. Ciclo PHVA



Fuente: *Ciclo PHVA aplicado al sistema de gestión de calidad en ISO.*

<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:es:fig:2>. Consulta: enero 2019.

5.2. Cómo mantener un SGI

La premisa para mantener el sistema de gestión es la disciplina en el cumplimiento a los procedimientos establecidos para cada proceso. Esto se puede observar en la ilustración anterior, en la cual las fases del ciclo giran en torno al liderazgo. La gerencia deberá, entonces, liderar para que el sistema se mantenga y por qué los mandos medios implementen el cumplimiento en cada proceso. Para el efecto se plasmarán las iniciativas en cada una de las fases del ciclo PHVA para este sistema de gestión

5.3. Planificar

Para planificar la implementación del sistema de gestión, se considera clave, los aspectos detallados a continuación como primer paso.

5.3.1. Una decisión de la dirección

El primer paso para la mejora es una decisión estratégica, ya sea de la gerencia o mejor aún de la junta directiva o comité directivo. Esto implica que la gerencia velará por que sean asignados los recursos financieros y no financieros para implementar y mantener el sistema de gestión de calidad.

5.3.2. Establecer la política de calidad y sus objetivos

La actual política de calidad de Spectra es:

“En Spectra creemos firmemente en nuestro compromiso de aumentar la satisfacción de nuestros clientes y la rentabilidad del negocio, a través de la

mejora continua de nuestra gente. La eficiencia operacional y la calidad de nuestros servicios de enderezado y pintura.”⁴

ISO establece las características de la política de calidad detalladas a continuación⁵. Se analizará cada una para determinar si la política actual cumple con las mismas:

Tabla VI. **Análisis de cumplimiento de los requisitos de la política de calidad actual**

Requisito	Discusión
Sea apropiada al propósito y contexto de la organización y apoye su dirección estratégica.	Si cumple este requisito al mencionar que desea incrementar la satisfacción de los clientes, la rentabilidad del negocio y la excelencia operacional.
Proporcione un marco de referencia para el establecimiento de los objetivos de la calidad.	Podría tomarse como marco de referencia “de aumentar la satisfacción de nuestros clientes y la rentabilidad del negocio” o “La eficiencia operacional y la calidad de nuestros servicios”, sin embargo, para fines del sistema de gestión de calidad, se puede mejorar la redacción.
Incluya un compromiso de cumplir con los requisitos aplicables.	No cumple. Requisitos aplicables se refiere a los requisitos de las partes interesadas, por lo que podrá completarse en la nueva redacción de la política.

⁴ Taller Spectra. *Actual política de calidad*. p. 3.

⁵ ISO. 2015. *Norma internacional ISO 9001;2015*. p. 4.

Continuación de la tabla VI.

Incluya un compromiso de mejora continua del sistema de gestión de calidad.	No cumple. Pues indica “a través de la mejora continua de nuestra gente”, más no del sistema. Por lo tanto, se propone una redacción que corrija este hallazgo.
---	---

Fuente: elaboración propia.

Luego de analizada la política de calidad, se propone una nueva redacción a continuación:

“En Spectra ofrecemos soluciones de enderezado y pintura automotriz a cualquier marca y tamaño de vehículo. El personal de Spectra se compromete a satisfacer las expectativas de sus clientes en la reparación de aspectos estéticos y mecánicas en su vehículo. Trabajamos por mantener los tiempos de entrega y precios competitivos de servicio, mediante el control de nuestros procesos operativos, comprometidos en la mejora de nuestro sistema de gestión de calidad para lograr una operación rentable y de altos estándares.”⁶

5.4. Hacer

Una vez establecidas las actividades estratégicas y operativas de la fase de planificación, se establecen las acciones de la fase del HACER, como se detalla a continuación.


5.4.1. Capacitar al equipo de colaboradores y promover su liderazgo

Luego de la misión, la política de calidad es el segundo elemento más importante que debe conocer el colaborador de una organización. En ese sentido,

⁶ Taller Spectra. *Actual política de calidad*. p. 3.

la política de calidad será comunicada y discutirá periódicamente en reuniones relámpago de trabajo y adicionalmente se comunicará mediante la colocación de *banners* que cumplan con la guía de señalización de ambientes y equipos de seguridad de la Conred, quedando así:

Tabla VII. **Instructivo para elaborar la señalización que comunique la política de calidad. Elaborado a partir de la guía de señalización de ambientes y equipos de seguridad de la Conred**

Color de seguridad	AZUL Cod. 000099
Significado	Obligación o información.
Indicaciones o precisiones	Señala realizar alguna acción específica o proporciona información a las personas.
Contraste	BLANCO Cod. Ffff
Forma geométrica	

Fuente: elaboración propia.

El diseño quedaría tentativamente como el siguiente con código CMYK:

Figura 48. **Actualización de la política de calidad**



Fuente: elaboración propia.

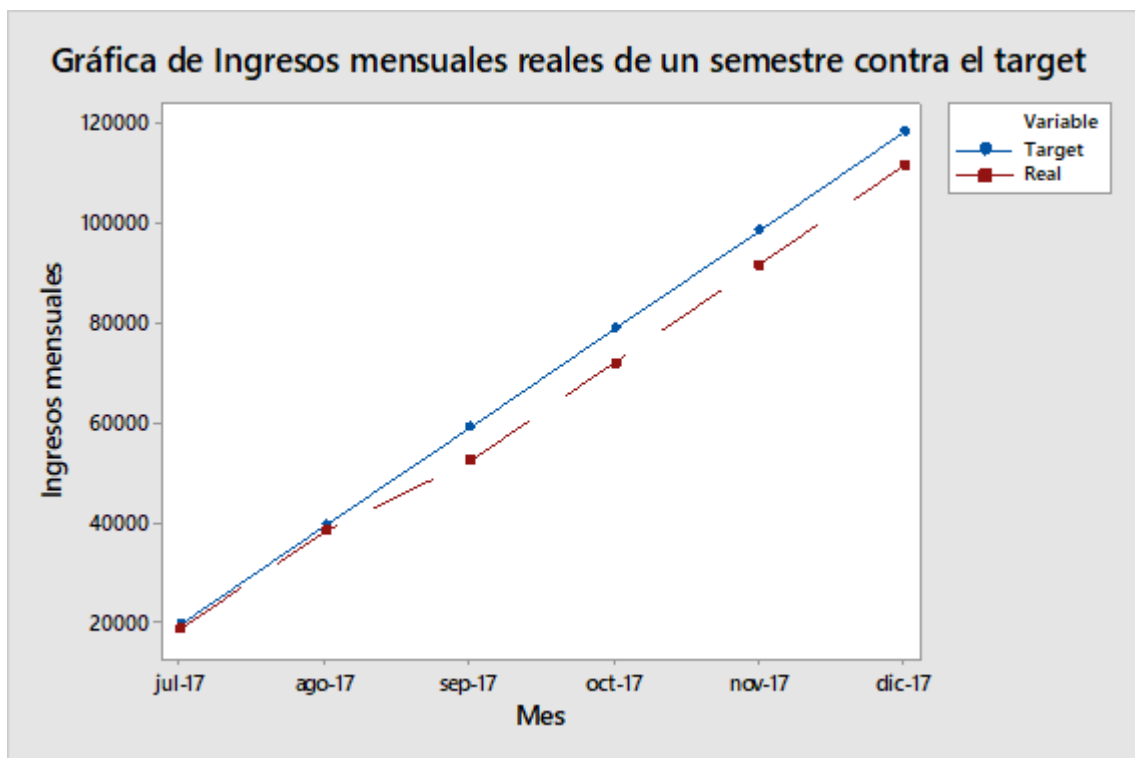
5.4.1.1. Beneficios para la empresa

A través de la implementación del sistema de gestión de calidad, mediante control estadístico, se pueden lograr mejoras significativas e identificar aquellas condiciones que prolongan los tiempos de entrega de los servicios.

Cuando los procesos son medidos, se pueden establecer parámetros de comparación con enfoque a mejorar los resultados. Por lo tanto, implementar este sistema de control permitirá mejorar los tiempos de ciclo, y por lo tanto mejorar la rentabilidad de la empresa.

El gráfico de la figura 47 permite observar que durante el segundo semestre de 2017 hubo un gap equivalente a USD 6689, o el equivalente a USD13379 en un año. En este sentido es importante mantener bajo control estadístico los tiempos de entrega, a fin de garantizar un flujo de servicios que permita llegar a los ingresos esperados.

Figura 49. **Análisis del gap entre ingresos esperados e ingresos reales para un semestre de operación**



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

5.4.1.2. Beneficio para los clientes externos

Los beneficios tendrían un efecto en cadena de acuerdo con la tabla VIII.

Tabla VIII. **Análisis de beneficios y beneficiados con la disminución de la variabilidad de proceso**

Clientes	Beneficios
Clientes individuales	<ul style="list-style-type: none"> • Precios competitivos Tiempos de entrega menores, evitando que el cliente deba alquilar un vehículo o no tenga cómo movilizarse.
Clientes	Beneficios
Corredores de seguros	<ul style="list-style-type: none"> • Confiabilidad de sus clientes y sus inversores, pues su proveedor implementa, mantiene y mejora su sistema de gestión de calidad.
Proveedores	Beneficios
Proveedores de repuestos de vehículos.	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de la demanda mensual. • Disminución del período de crédito.
Proveedores de servicios subcontratados.	
Proveedor de pintura.	

Fuente: elaboración propia.

5.4.2. Áreas y procesos de la organización bajo control estadístico

Dado que se ha determinado en el apartado 3.1 que son los procesos operativos los que quedarán bajo control estadístico, se concluye y se confirma que esos son los procesos con sus respectivas áreas las que serán medidas para

control estadístico. Sin embargo, tendrán una variante, quedando según la figura 51.

Figura 50. **Procesos operativos bajo control estadístico**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2016.

5.4.3. **Establecer el medio por el que se documentará**

El colaborador que se encargue de llevar la información documentada del sistema de gestión de calidad deberá asegurar que la documentación este de la siguiente manera:

- Ordenada.
- Clasificada.
- Resguardada.
- actualizada.
-

Estos criterios deben ser cumplidos, pero no restringido, para los siguientes documentos:

- Registros de no conformidades.
- Consolidados de no conformidades.
- Análisis estadísticos de variables.

- Análisis estadísticos de atributos.
- Reportes o informes que se haya remitido a la gerencia sobre el control estadístico de los procesos.

Estos serán de utilidad cuando se requiera revisar registros históricos de la información.

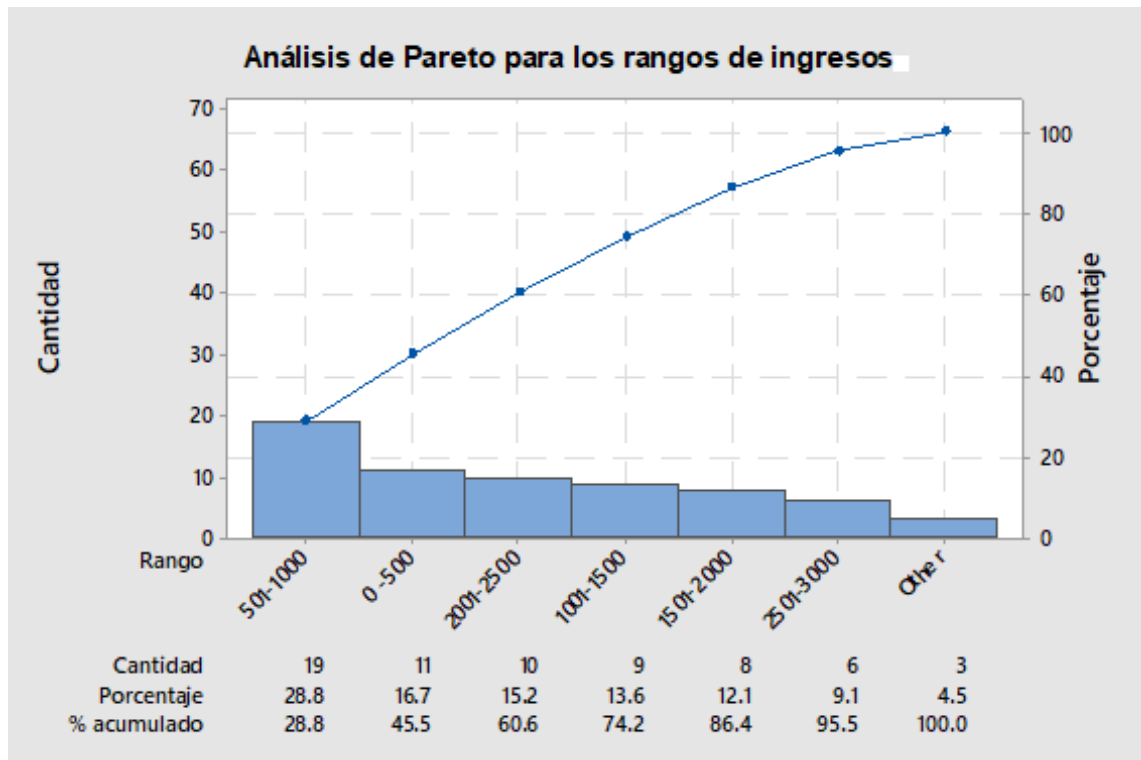
5.5. Verificar

En la fase de *check* o verificar, se establecen acciones específicas para la empresa, según se describe en los apartados siguientes.

5.5.1. Evaluación de desempeño de la organización

A medida que se van implementando las mejoras resultado del sistema de gestión de calidad, será necesario verificar los resultados y el comportamiento que van teniendo los procesos operativos. A continuación se presenta un análisis en el que se puede analizar qué tipo de trabajos generan mejores utilidades para Spectra, por lo que es necesario discutir esta información y cruzar con otros análisis, para establecer planes de acción que permita cumplir con la política de calidad y mejorar la rentabilidad del negocio.

Figura 51. **Análisis de Pareto para los rangos de utilidades por unidad entregada**



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

5.6. Actuar

En la fase de ACTUAR, se da respuesta a los hallazgos de la fase de VERIFICAR, para dar paso a las soluciones o mejoras a las situaciones encontradas.

5.6.1. Oportunidades de mejora de procesos

Los análisis estadísticos permitirán determinar los procesos que requieren la implementación de mejora. Con el fin de tener una herramienta utilizada para el seguimiento al ciclo PHVA, se utilizará la herramienta A3. En el ejercicio siguiente se realizará el A3 para el proceso controlado por variables.

Tabla IX. **Modelo de informe A3 para gestión del ciclo PHVA**

INFORME A3		
Título:	Nombre:	Fecha:
1 ENTORNO		5 CONTRAMEDIDAS PROPUESTAS
2 CONDICIONES ACTUALES		6 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN
3 OBJETIVOS O METAS		
4 ANÁLISIS		7 SEGUIMIENTO.

Fuente: Leanroots. *Informe A3*. Leanroots.com. Consulta: enero 2019.

Por tema de edición en este documento, los apartados se trabajarán de forma continua, sin mantener el orden del formato A3.

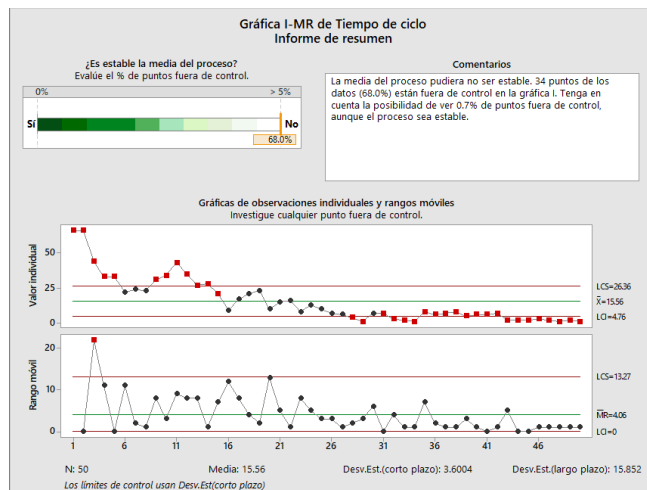
Tabla X. **Informe A3**

<p style="text-align: center;">INFORME A3</p> <p style="text-align: center;">Mejora de los tiempos de ciclo para procesos operativos en Spectra.</p> <p>Nombre: Gerente de Spectra Fecha: Julio 2018.</p>
<p>1. Entorno</p> <p>La demanda de servicios de metalmecánica ha incrementado desde clientes individuales y desde aseguradoras debido a los accidentes viales del departamento de Guatemala.</p> <p>Con esto surge la necesidad de ampliar la capacidad de respuesta de Spectra para sus clientes y una medida ha sido la apertura de una nueva sucursal para procesar los trabajos de metalmecánica.</p>

Continuación de la tala X

2. Condiciones actuales

De acuerdo al análisis de tiempos de ciclo, se tiene un comportamiento fuera de control, por lo que es necesario estandarizar los procesos o las clases de servicios para mejorar la satisfacción del cliente.



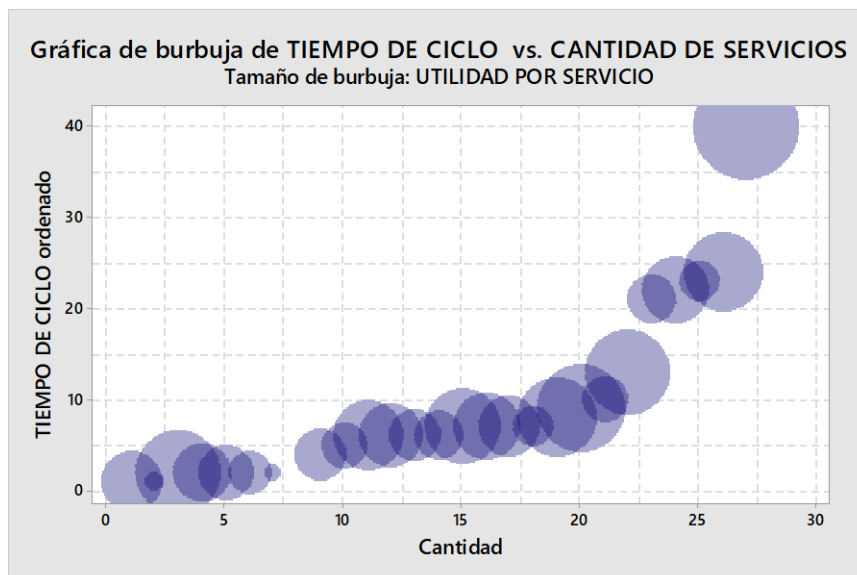
3. Objetivos o metas

- Determinar las clases de servicios líderes de la empresa.
- Establecer un *tak time* para las clases de servicios prestados por la empresa.

Continuación de la tabla X.

4. Análisis

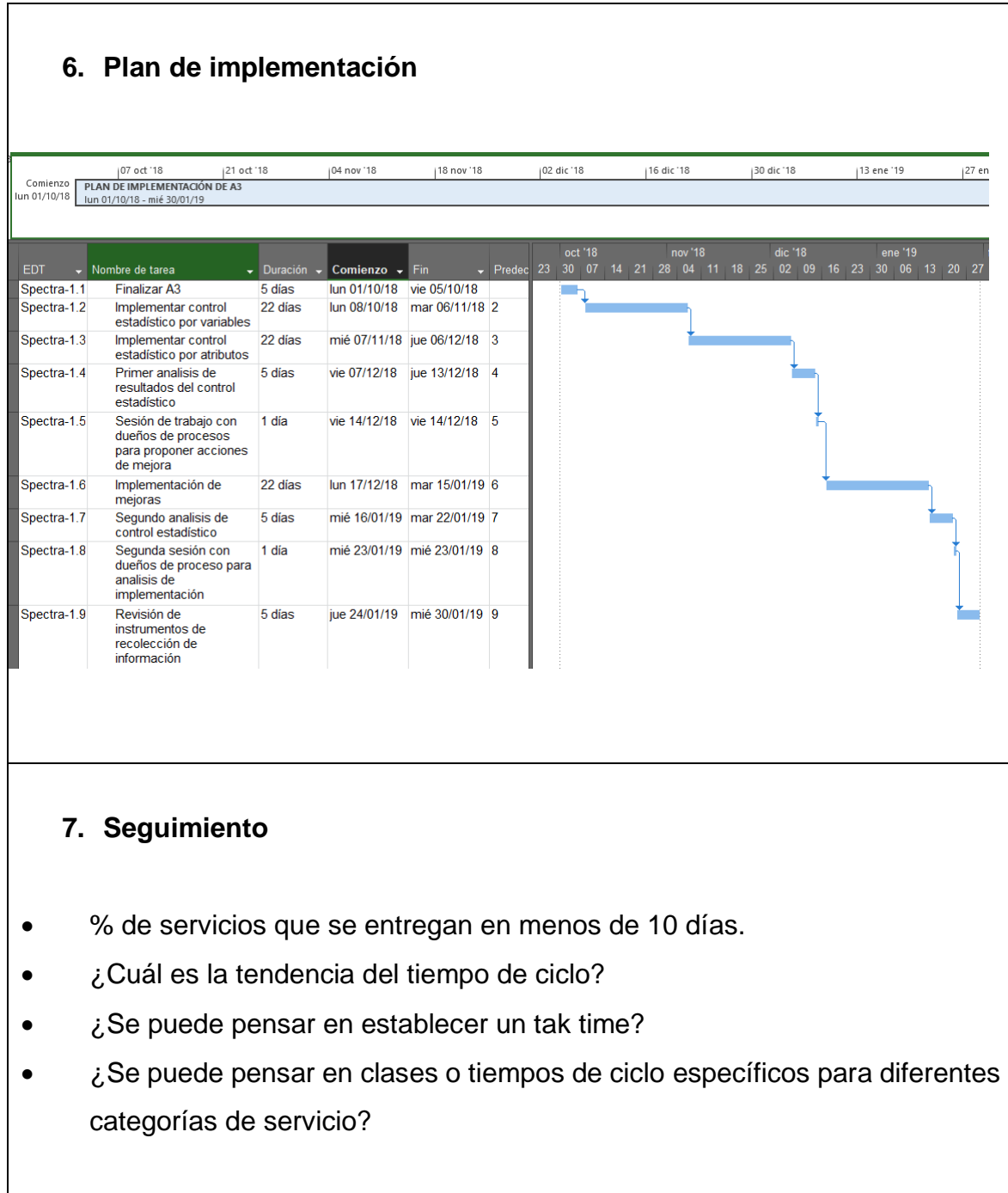
En el gráfico de burbuja se puede observar que un 22/30 datos están por debajo de un tiempo de ciclo de 10 días. El tamaño de las burbujas representa las utilidades para la empresa.



5. Contramedidas propuestas

- Por lo que se podría establecer esfuerzos por:
- Que incremente el número de servicios con tiempo de ciclo =10 días.
- Por qué el tak time disminuya progresivamente a medida que el proceso está bajo control estadístico y se implementen las mejoras para el control por variables.

Continuación de la table X.



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

5.6.2. Mejora

La mejora es parte de la política de calidad de Spectra. Por lo tanto, esta se implementará cada vez que se analicen las mediciones y se plasme en el apartado de Contramedidas propuestas, del Informe A3.

CONCLUSIONES

1. Se realizó mapeo de los procesos estratégicos, operativos y los de apoyo, a fin de determinar y graficar los procesos que estarán sometidos a control estadístico. Esto permitió establecer un sistema de gestión de calidad mediante muestreo simple y con el uso de Minitab para realizar el análisis estadístico, de forma que sea entendible para los colaboradores operativos y se entienda el objetivo del sistema. Para esto fue necesario replantear la política de calidad de la empresa que cumpla con los requisitos de ISO 9001:2015, pues es el sistema marco utilizado.
2. Se establecieron los procesos que serán controlados mediante control estadístico por variables, siendo este el tiempo de ciclo o tiempo de entrega de los servicios, y respectivamente los procesos controlados por atributos desde proceso administrativo, mecánico, preparado, armado y pintura que en conjunto permitirán cumplir con la política de calidad.
3. Para el control estadístico por variables, se estableció el tiempo de ciclo para cada uno de los procesos operativos, se estableció una ficha que determina los atributos a controlar estadísticamente y cuyos análisis permitirá reducir la variabilidad del proceso.
4. Se utilizará el gráfico C para los procesos que sean controlados estadísticamente por atributos. Para los procesos que sean controlados por variables, se utilizará el gráfico I-MR. Para la elección de cada uno de los gráficos, se revisó cuidadosamente su aplicación teórica.

5. Se realizó el análisis estadístico con una muestra obtenida en el proceso operativo, mediante el método de temporalidad mensual y muestra aleatoria. Esto permitió observar que el tiempo de ciclo esta fuera de control y que los atributos están en control. Por lo que se procedió a enfocarse en las causas de la variabilidad del tiempo de ciclo.

6. Con la herramienta de Ishikawa, se encontró que la variabilidad tiene diferentes causas. Algunas de ellas vienen del método de trabajo y del ambiente de trabajo, por lo que se planteó un análisis con los dueños de proceso para lanzar un plan de mejora que logre resultados significativos, con pequeños cambios. Por otro lado, luego de analizar varios gráficos en Minitab, se determinó que existen clases de servicios. Esto significa que se establecerá el servicio líder, y los servicios que representan menos utilidades para la empresa, pero que de igual manera se cuenta con la capacidad de ofrecerlo, con tiempos de ciclo diferentes. Finalmente, se plantea establecer un *tak time*, para el proceso, y para cada una de las clases, a fin de cumplir con la política de calidad y cumplir con las expectativas de los clientes, además de ser competitivos en la industria metalmecánica automotriz.

7. Se establece un sistema de control de calidad que permita recopilar información, analizarla en Minitab, mantener registros y reportes documentados, así como una herramienta que permita agilizar las medidas de mejora basadas en evidencia y que involucre a los dueños de proceso, gerencia y mandos medios.

RECOMENDACIONES

1. Involucrar a los dueños de proceso en el análisis de la variabilidad del proceso y en el planteamiento de soluciones, con base en los resultados del control estadístico en Minitab.
2. Para la implementación del sistema, es necesario incorporar personal capacitado en control estadístico de procesos para liderar la iniciativa, dado que es una función específica con determinado grado de profundidad en términos de competencias. Progresivamente capacitar a nuevos colaboradores para hacer sostenible la iniciativa.
3. Potenciar las capacidades del talento humano de la empresa mediante el entrenamiento operativo, para lograr el objetivo del sistema estadístico de gestión de calidad; disminuir la variabilidad del proceso y dar cumplimiento a la política de calidad.
4. Implementar, mantener y evaluar el sistema, permitirá disminuir el gap de servicios entregados anualmente, establecer un *tak time* como factor de competencia en la industria y por ende mejorará las utilidades netas de la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

1. Conred. *Guía de señalización de ambientes y equipos de seguridad*. CONRED, 2009. 50 p.
2. FALCO ROJAS, Arturo Solís. *Control estadístico del proceso*. Universidad Pontificia Comillas. Madrid, España. 2006. 74 p.
3. GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Cartas o diagramas de control. Calidad total y productividad*. 3a ed. México: McGraw-Hill, 2016. 359 p.
4. International Organization for Standardization. *ISO 9001:2015*. [en línea]. <<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:es:fig:2>> [Consulta: octubre 2017].
5. Leanroots.com. *Informe A3 de Toyota*. [en línea]. <<http://www.leanroots.com/wordpress/2017/10/04/el-informe-A3-de-toyota/>> [Consulta: enero 2019].
6. Open Source Six Sigma. *Certified Lean Six Sigma Black Belt eBook*. 4a. ed. USA: Open Source Six Sigma Minitab. 672 p.
7. RAMOS, Davidson. *Estableciendo la política de la calidad (parte 1)*. Blogdelcalidad.com. [en línea]. <<https://blogdelcalidad.com/iso-90012015-item-5-2-1-estableciendo-la-politica-de-la-calidad-parte-1/>> . [Consulta: enero 2018].

APÉNDICES

Apéndice 1. Instrumento de control de conformidad

<p>Responsable de inspección (firma y sello):</p> <p>Fecha de revisión: _____</p> <p>Proceso inspeccionado:</p> <p><input type="checkbox"/> Mecánico</p> <p><input type="checkbox"/> Enderezado y preparado</p> <p><input type="checkbox"/> Pintura y pulido</p> <p><input type="checkbox"/> Armado</p> <p><input type="checkbox"/> Administrativo</p>	<p>Dictamen</p> <p>Fecha: _____</p> <p><input type="checkbox"/> Conforme</p> <p><input type="checkbox"/> No conforme</p> <p>Motivo de la no conformidad: (Describa la no conformidad y la cantidad encontrada)</p>
<p>Observaciones</p>	<p>Constancia de recepción de revisión</p> <p>Fecha: _____</p> <p>Nombre de quien recibe la revisión: _____</p>

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Consolidado de no conformidades por procesos**

Proceso: <input type="checkbox"/> Mecánico <input type="checkbox"/> Enderezado y preparado <input type="checkbox"/> Pintura y pulido <input type="checkbox"/> Armado <input type="checkbox"/> Administrativo	Responsable de registro: _____ Jefe de taller: _____
--	---

No. de orden	Cantidad de defectos	Operador
300		

Descripción del defecto	Período de análisis	Total de no conformidades en el período
Reparaciones indicadas en la orden están incompletas		
Rayones no reportados		
	Total:	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Política de calidad**



POLÍTICA DE CALIDAD DE SPECTRA

En Spectra ofrecemos soluciones de enderezado y pintura automotriz a cualquier marca y tamaño de vehículo.

El personal de Spectra se compromete a satisfacer las expectativas de sus clientes en la reparación de aspectos estéticos y mecánicos en su vehículo

Trabajamos por mantener los tiempos de entrega y precios competitivos de servicio, mediante el control de nuestros procesos operativos, comprometidos en la mejora de nuestro sistema de gestión de calidad para lograr una operación rentable y de altos estándares.

Año de impresión

Fuente: elaboración propia.