

METODOLOGÍA PARA LA PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD DEL PROCESO. APLICACIÓN EN EL TALLER DE MAQUINADO DE LA UNIDAD EMPRESARIAL DE BASE FÁBRICA DE EQUIPOS E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS "26 DE JULIO"

TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL

Autora: Idelmis Ricardo Torres

Tutores: Dr.C. Maira Rosario Moreno Pino, Prof. Titular
Ing. Freddy Cobas Aguilera

Consultante: MSc. Juan Carlos Ricardo Ricardo, Asistente.

Holguín 2019



AGRADECIMIENTOS

A mis tutores Maira Moreno Pino y Freddy Cobas Aguilera por su dedicación, apoyo y comprensión durante la realización de la investigación.

A toda la familia, amigos y profesores que de una forma u otra contribuyeron para lograr la culminación de los estudios.

Muchas Gracias

RESUMEN

La necesidad del control estadístico de la calidad en los procesos, sirvió de motivación esencial para desarrollar la presente investigación y establecer como objetivo general: desarrollar una metodología para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso en la UEB Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio", que propicie la disminución de las no conformidades. Para el logro del objetivo propuesto se utilizaron varios métodos y herramientas de la investigación científica, entre los que se encuentran: inductivo - deductivo, sistémico estructural, análisis – síntesis, observación, encuesta, entrevista, diagrama de Pareto, gráficos de control por variables, método de expertos de concordancia de Kendall y ponderación simple así como el diagrama de Ishikawa. El principal aporte de esta investigación lo constituye la metodología para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso en la UEB Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio". La metodología diseñada facilitará a directivos y técnicos de la Empresa Mecánica la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso en los talleres y propiciará la prevención de no conformidades, así como la mejora de la calidad de los productos y procesos. Los resultados fundamentales se resumen en: Se aplicó la metodología para las dos piezas que presentaron mayor porcentaje de no conformidades. Para el caso de la Cuchilla KTP se analizó el proceso de fabricación del espesor del filo, con el uso de gráficos de control se determinó que el proceso es apto.

ABSTRACT

The need of statistical control of the quality in the process, served as an essential motivation to develop this research and establish as a general objective: develop a methodology for planning and execution of statistical control of the quality of the process in the UEB Agricultural Equipment and Implement Factory "26 de Julio", which encourages the reduction of non-conformities. For the achievement of the proposed objective several methods and tools of scientific research were used, among which are: inductive - deductive, systemic structural, analysis - synthesis, observation, survey, interview, Pareto diagram, control charts by variables, method of Kendall concordance experts and simple weighting as well as the Ishikawa diagram. The main contribution of this research is the methodology for the planning and execution of the statistical control of the quality of the process in the UEB Factory of Agricultural Equipment and Implements "26 de Julio". The methodology designed will facilitate the executives and technicians of the Mechanical Company the planning and execution of the statistical control of the quality of the process in the workshops and will promote the prevention of non-conformities, as well as the improvement of the quality of the products and processes. The fundamental results are summarized in: The methodology was applied for the two pieces that presented the highest percentage of nonconformities. For the case of KTP Blade the manufacturing process of the thickness of the edge was analyzed, with the use of control charts it was determined that the process is suitable.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	- 1 -
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO - PRÁCTICO REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN SOBRE EL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD DEL PROCESO.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1.1 Control de la calidad.....	- 6 -
1.1.2 Términos y definiciones de control de la calidad	- 6 -
1.1.3 Control de los dispositivos de seguimiento y medición	- 9 -
1.2 Control estadístico de la calidad.....	- 9 -
1.2.1 Herramientas estadísticas básicas	- 11 -
1.2.3 Control estadístico de procesos	- 13 -
1.2.4 La variabilidad de los procesos.....	- 13 -
1.3 Análisis crítico de las metodologías para el control de la calidad	- 14 -
1.4 Situación actual del control estadístico de la calidad del proceso en la UEB Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio"	- 18 -
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA PARA LA PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD DEL PROCESO. APLICACIÓN Y VALORACIÓN DE SU PERTINENCIA.....	- 20 -
2.1 Metodología para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso	- 21 -
2.2 Aplicación de la metodología propuesta para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso	- 33 -
2.3 Análisis de criterio de especialistas sobre la pertinencia de la metodología para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso en el taller de Maquinado de la UEB Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio"	- 48 -
CONCLUSIONES.....	- 51 -
RECOMENDACIONES	- 52 -
BIBLIOGRAFÍA.....	- 53 -
ÍNDICE DE ANEXOS	
ANEXOS	

INTRODUCCIÓN

El control de los procesos asume una importancia significativa en la actualidad, no solo por apoyar al incremento de la eficiencia de los procesos, sino porque muchos no son económicos ni prácticos, sino se ejerce un control satisfactorio. El control estadístico de la calidad del proceso, no solo es importante por el factor económico en cuanto a la reducción de las pérdidas por mala calidad; su riguroso cumplimiento propicia alcanzar los índices de calidad planificados dentro del contexto de la economía nacional.

En el control del proceso se necesita que la información permita ejercer de una manera efectiva la función de intervenir en el proceso para la eliminación de las causas atribuibles a la variación y que se cumpla el propósito de prevenir a fin de evitar producción defectuosa; de ahí la importancia del control estadístico de la calidad del proceso.

Esta investigación constituye, actualmente, una prioridad para Cuba, ya que se planea la eficiencia de las organizaciones empresariales. Aspecto que ha sido contemplado en los lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución aprobados en el VI Congreso del PCC, desarrollado en abril del 2011 y actualizados en el VII Congreso del PCC en junio del 2017. Entre estos destaca el lineamiento 192 de la Política Industrial, que establece: "Desarrollar la metalurgia ferrosa, priorizando la ampliación de capacidades, la reducción de los consumos energéticos y la diversificación de la producción de laminados y de metales conformados, elevando su calidad".

Las entidades cubanas se encuentran insertadas en un entorno de grandes limitaciones de recursos, por lo que necesitan convertirse en sistemas productivos cada vez más eficientes, por esta razón el manejo eficiente de los recursos y el control de la calidad de las producciones son retos fundamentales a enfrentar, lo que motiva cambios constantes en la concepción de cómo lograr un correcto control de la calidad que contribuya a su eficiencia productiva.

Se considera como antecedentes de la investigación los resultados concretos de investigaciones realizadas en Cuba y el exterior (Acevedo, J.P.R. 2005), (Ferrari, S.2007), (Capote Suárez, Y.2008), (Leyva, V.A.S.2009), (Ramírez Méndez, E. 2011), (Ramos Lage, Y. 2012), (Almeida Consuegra, Y.2012), (Ortiz Barrios, M.A. y Felizzola Jiménez, H.A.2014), (Echemendia Gómez, J. 2016), (Santana Tamayo, I. 2017).

Del análisis de estas metodologías se puede inferir de forma general, que no se analizan los aspectos a controlar con un propósito u objetivo en particular o las metodologías se basan específicamente en la satisfacción del cliente, así como, obvian varios aspectos fundamentales para la aplicación del control. De las metodologías consultadas, las que abordan el control no contemplan el control estadístico de la calidad del proceso y las que se refieren directamente al control estadístico no consideran otros aspectos esenciales asociados al control estadístico de la calidad del proceso, lo que evidencia la importancia y novedad de esta investigación. Este es el sello distintivo del enfoque metodológico que se asume para el diseño de la metodología en el capítulo 2 de la tesis. En tal sentido, la Empresa Mecánica "Héroes del 26 de Julio", perteneciente al Ministerio de Industria, se considera una empresa líder en el territorio nacional. Esto está condicionado porque sus producciones están destinadas a satisfacer necesidades de programas priorizados en la agricultura, las Fuerzas Armadas Revolucionarias (FAR) y otros sectores importantes del país. Con su accionar ha contribuido a la sustitución de las importaciones de implementos y maquinaria agrícola, lográndose con ello un ahorro considerable de divisas al país. La empresa consta de cuatro Unidades Empresariales de Base (UEB): Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio"; Producciones Mecánicas Banes; Servicios Generales del Transporte y Motores Eléctricos TAUBA.

La UEB Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas es considerada como el centro vital de la Empresa Mecánica y se encarga de fabricar maquinarias e implementos agrícolas, equipos industriales, estructuras metálicas y piezas de repuestos para satisfacer las necesidades del mercado regional. A partir del diagnóstico realizado en el primer cuatrimestre (Enero-Abril) del presente año se detectaron 354 no conformidades en la realización de la producción, de estas 240 corresponden al taller de Maquinado lo que representa el 67,8 % del total de no conformidades, todo esto motivado fundamentalmente por el insuficiente control estadístico de la calidad del proceso que se lleva a cabo en dicho taller y en la empresa en general, debido a:

- La capacitación que se le brinda al personal solo contempla aspectos relacionados a la interpretación de las tecnologías de producción y los métodos de medición, no se consideran elementos básicos del control estadístico de la calidad.
- No se determinan productos o características críticas a controlar.

➤ Los registros de control implementados en la entidad no están diseñados para desarrollar el control estadístico de la calidad de los procesos.

Todo lo cual constituye la **justificativa problemática** en que se enmarca la presente investigación.

Por tanto se define como **problema profesional**: ¿cómo perfeccionar el control estadístico de la calidad del proceso en la UEB Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas, en el taller de Maquinado, de manera que disminuyan las no conformidades?

El **objeto de investigación** lo constituyó el control de la calidad, con el fin de dar solución al problema profesional se plantea como **objetivo general** de la investigación desarrollar una metodología para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso en la UEB Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio", que propicie la disminución de las no conformidades.

Para cumplir con el objetivo general se definieron los **objetivos específicos** siguientes:

1. Construir el marco teórico práctico referencial de la investigación en lo relativo al control estadístico de la calidad del proceso a partir del análisis crítico de la consulta de la literatura especializada y actualizada.
2. Diseñar una metodología para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso.
3. Aplicar la metodología para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso en el taller de Maquinado de la UEB Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio".
4. Valorar la pertinencia de la metodología propuesta mediante el criterio de especialistas.

El **campo de acción** se enmarca en: el control estadístico de la calidad del proceso en el taller de Maquinado de la UEB Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio" y como **idea a defender** se plantea que: el desarrollo de una metodología para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso en el taller de Maquinado de la UEB Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio" permite la disminución de las no conformidades debido a su carácter preventivo.

La **novedad de la investigación y sus principales aportes** consisten en el diseño y aplicación de una metodología para la planificación y ejecución del control estadístico

de la calidad del proceso en el taller de Maquinado de la UEB Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio" que responda a las exigencias de la empresa cubana actualy proporcione soluciones a los problemas existentes en apoyo al control de la calidad, que integra herramientas de la ingeniería, gestión de la calidad e informática para mejorar la calidad de los procesos de producciónal disminuirse las no conformidades motivado a su carácter preventivo.

En el desarrollo de la investigación se utilizaron métodos teóricos y empíricos, incluyendo técnicas y herramientas de la Ingeniería Industrial y otras especialidades afines, entre las que se encuentran:

De nivel teórico:

- Análisis – síntesis: para el análisis de la información obtenidamediante la revisión de literatura y documentación especializada y en la elaboración de las conclusiones.
- Inductivo–deductivo: para el diseño y aplicación de la metodología.
- Sistémico estructural: para el desarrollo del análisis del objeto de estudio y el campo de acción, así como la elaboración de la metodología a través de su descomposición en los elementos que lo integran, determinándose así las variables que más inciden y su interrelación, como resultado de un proceso de síntesis.

De nivel empírico: para la confección de la metodología y su posterior aplicación, apoyándose de la observación directa, entrevista, trabajo en grupo (tormenta de ideas).

El proceso investigativo requirió el uso de la siguiente técnica: Técnica Modelo de valoración de criterios con ponderación simple: para la búsqueda de consenso y la valoración de los especialistas respecto a lapertinenciade lametodología para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso en la UEB Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio" en el taller de Maquinado.

Con el fin de enriquecer y profundizar en los resultados de la aplicación de los métodos y técnicas antes expuestos se utilizaron: métodos estadísticos para el procesamiento de la información obtenida a través de los métodos y las técnicas del nivel empírico. De la estadística descriptiva se utilizan el cálculo porcentual, gráficas y tablas. Para el procesamiento de los resultados de los datos se emplea como herramienta Excel.

Esta investigación se estructuró de la manera siguiente: un capítulo I que contiene el marco teórico - práctico referencial de la investigación; un capítulo II donde se diseña y

aplica una metodología para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso. Se muestran las conclusiones y recomendaciones, así como la bibliografía consultada y un cuerpo de anexos de necesaria inclusión.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO – PRÁCTICO REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN SOBRE EL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD DEL PROCESO

En este capítulo se presentan los resultados de un detallado análisis de la literatura afín con el objeto de investigación y el campo de acción. Este se inicia con la realización de consideraciones esenciales sobre el control de la calidad y el control estadístico. Posteriormente se realizó un análisis crítico de las metodologías para el control de la calidad y a partir de un diagnóstico en la UEB se describe la situación actual del control estadístico de la calidad del proceso.

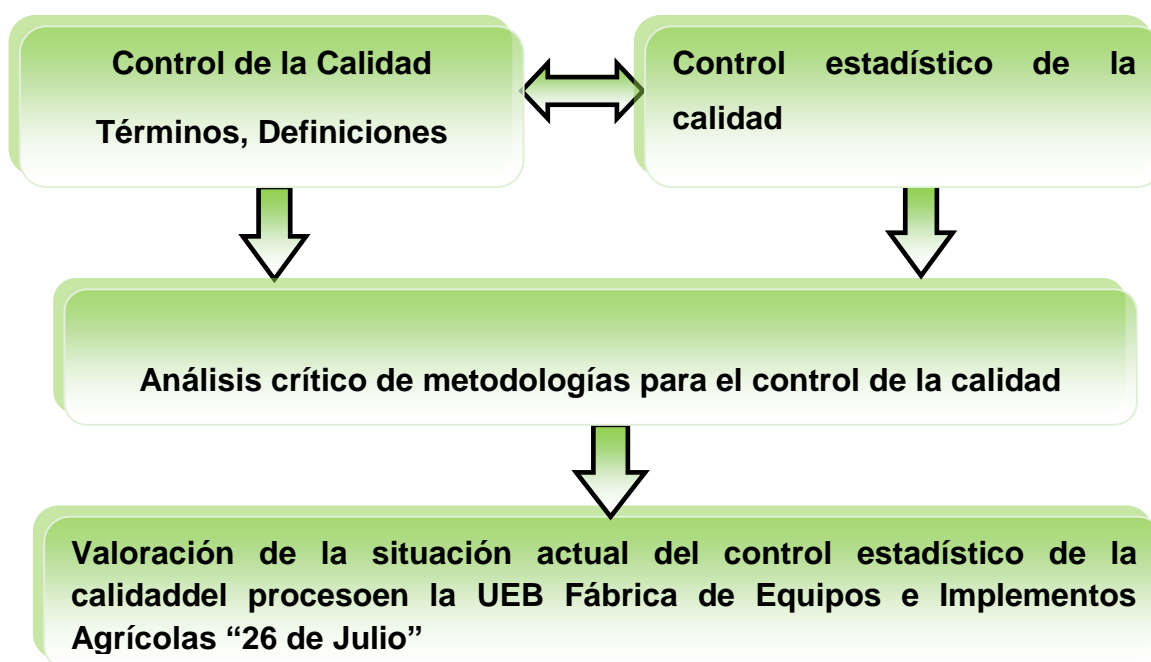


Figura 1.1. Estrategia seguida para el marco teórico-práctico referencial de la investigación.

1.1 Control de la calidad

1.1.2 Términos y definiciones de control de la calidad

Para Jurán (1985) el control de calidad son todos los mecanismos, acciones, herramientas que se utilizan para detectar la presencia de errores y asegurar el cuidado y mejora continua en la calidad ofrecida. La función del control de calidad existe primordialmente como una organización de servicio de producción para conocer las especificaciones establecidas por la ingeniería del producto y proporcionar asistencia al

departamento de fabricación, para que la producción alcance estas especificaciones. Como tal, la función consiste en la recolección y análisis de grandes cantidades de datos que después se presentan a diferentes departamentos para iniciar una acción correctiva adecuada (Jurán, 1985).

Jurán (1988) se refiere al control de calidad como el proceso que se emplea con el fin de cumplir los estándares. Esto consiste en observar el desempeño real, compararlo con algún estándar y después tomar medidas si el desempeño es significativamente diferente de estándar.

El proceso de control tiene la naturaleza de un ciclo de retroalimentación, el cual incluye seleccionar el sujeto de control. Esto es escoger lo que se quiere regular, elegir una unidad de medida, establecer una meta para el sujeto de control creando un sensor que permita medir el sujeto de control en términos de la unidad de medida, medir el desempeño real e interpretar la diferencia entre el desempeño real y la meta y por último tomar medidas si es necesario sobre la diferencia. Esta secuencia de pasos es universal, es decir se aplica al control de costos, al control de inventario y al control de la calidad, entre otros.

El control de la calidad se posiciona como una estrategia para asegurar el mejoramiento continuo de la calidad. Programa para asegurar la continua satisfacción de los clientes externos e internos mediante el desarrollo permanente de la calidad del producto y sus servicios. Concepto que involucra la orientación de la organización a la calidad manifestada en la calidad de sus productos, servicios, desarrollo de su personal y contribución al bienestar general (Jurán 1988).

Para controlar la calidad de un producto se realizan inspecciones o pruebas de muestreo para verificar que las características del mismo sean óptimas. El único inconveniente de estas pruebas es el gasto que conlleva el control de cada producto fabricado, ya que se eliminan los defectuosos (Edwards Deming, 1994).

En general, la calidad tiene que ver con el nivel o eficacia de las prestaciones que el producto es capaz de ofrecer, es decir, en qué medida es capaz de realizar satisfactoriamente la función básica (primer nivel del producto) con respecto a los otros productos o marcas. Se suele de hecho relacionar la calidad con otros aspectos que configuran los atributos de dicho nivel (Feigenbaum, 1971).



Para evaluar la calidad de un producto se puede contar con indicadores de conformidad, lo cual establece la medida en que un producto se corresponde con las especificaciones diseñadas, y concuerda con las exigencias del proyecto. Otro indicador sería de funcionamiento, el cual indica los resultados obtenidos al utilizar los productos fabricados (HeizerJay yRenderBorry, 2001).

Resulta de suma importancia conocer e instrumentar el control de calidad en forma integral, de manera que abarque desde la provisión de la materia prima, hasta la entrega y venta de nuestros productos (HeizerJay, RenderBorry, 2001).

La planificación del control de la calidad en la producción es una de las actividades más importantes ya que es donde se define:

- Los procesos y trabajos que se deben controlar para conseguir productos sin fallos.
- Los requisitos y forma de aceptación del producto que garanticen la calidad de los mismos.
- Los equipos de medida necesarios que garanticen la correcta comprobación de los productos.
- La forma de hacer la recogida de datos para mantener el control y emprender acciones correctivas cuando sea necesario.
- Las necesidades de formación y entrenamiento del personal con tareas de inspección.
- Las pruebas y supervisiones que garanticen que estas actividades se realizan de forma correcta y que el producto está libre de fallos.

La actual norma NC ISO 9000:2015 refiere que el control de la calidad es la parte de la gestión de la calidad orientada al cumplimiento de los requisitos de calidad.

Es de suma importancia para un producto el control de calidad integral, también es conocido como control total de calidad (CTC), y tiene como criterio para el logro de la calidad deseada el cumplimiento de los requisitos propuestos por el consumidor, la prevención de la comisión de errores que reduzcan la calidad del producto, la intención de fabricar productos sin defectos y, reducir al mínimo el costo del incumplimiento relacionado con la calidad; es decir: tratar de evitar las reclamaciones, las devoluciones, las repeticiones del trabajo, los cambios, etcétera (HeizerJay, RenderBorry, 2001).

1.1.3 Control de los dispositivos de seguimiento y medición

Para un proceso exitoso de medición, análisis y mejora es imprescindible tener en cuenta el control de los dispositivos de medición y control. La dirección debe definir e implementar procesos de seguimiento y medición eficaces y eficientes, incluyendo métodos y dispositivos para la verificación y validación de los productos y procesos para asegurarse de la satisfacción del cliente y de las otras partes interesadas. Estos procesos incluyen encuestas, simulaciones y otras actividades de seguimiento y medición.

Con el fin de proporcionar confianza en los datos, los procesos de seguimiento y medición deberían incluir la confirmación de que los dispositivos son aptos para utilizarse y que se mantienen con una precisión adecuada de acuerdo a normas aceptadas, así como un medio para identificar el estado de los mismos. La organización debe determinar el seguimiento y la medición a realizar, y los dispositivos de medición y seguimiento necesarios para proporcionar la evidencia de la conformidad del producto con los requisitos determinados. Cuando sea necesario asegurarse de la validez de los resultados, el personal encargado de realizar la medición debe considerar los siguientes aspectos:

- a) Calibrarse o verificarse a intervalos especificados o antes de su utilización, comparado con patrones de medición trazables a patrones de mediciones nacionales o internacionales; cuando no existan tales patrones debe registrarse la base utilizada para la calibración o la verificación.
- b) Ajustarse o reajustarse según sea necesario.
- c) Identificarse para poder determinar el estado de calibración.
- d) Protegerse contra ajustes que pudieran invalidar el resultado de la medición;
- e) Protegerse contra los daños y el deterioro durante la manipulación, el mantenimiento y el almacenamiento.

1.2 Control estadístico de la calidad

El control estadístico de la calidad constituye una importante herramienta. En este sentido se coincide con Rodríguez (2010) al denominar el control estadístico de la calidad al conjunto de métodos estadísticos adoptados y desarrollados para su

aplicación en el control de la calidad, principalmente, en la inspección por muestreo con fines de aceptación o rechazo y en el proceso.

Entre los métodos más usuales de control estadístico de la calidad se distinguen los siguientes:

- a) Los gráficos de control estadístico, constituyen métodos continuos adecuados para estimar la importancia de las diferencias entre un valor muestral y un valor esperado en las muestras.
- b) Los planes de muestreo de aceptación, son diseñados para facilitar la decisión de aceptar o rechazar un lote a partir del examen de una muestra tomada de este.
- c) Los métodos de evaluación integral de la calidad, constituyen un conjunto de métodos destinados a expresar mediante un solo valor, la calidad de un artículo, a partir de la evaluación de todas sus características y propiedades.

Además, están comprendidos dentro del concepto general de control estadístico de la calidad, otros métodos estadísticos de aplicación, dirigidos a la normalización de la calidad de los productos y de sus procesos de elaboración. Entre los que se pueden citar:

- a) Los estudios de aptitud del proceso, destinados a determinar en qué grado un proceso cualquiera es capaz de cumplir las especificaciones en condiciones normales de operación.
- b) Los métodos de cálculo de especificaciones, ideados con el fin de determinar límites de tolerancias basados en las experiencias de la producción en condiciones controladas.
- c) Los métodos de diseño de experimentación, cuyo objetivo es extraer conclusiones sobre los efectos particulares de distintas causas o factores de variación sobre el producto obtenido mediante un determinado proceso.

Otros métodos incluidos también en el control estadístico de la calidad lo constituyen las actividades metrológicas, encaminadas a determinar los errores de medición y evaluación de la magnitud de esos errores.

Por todo lo anteriormente planteado, el estudio de los métodos estadísticos de control de la calidad, en general, de la ciencia y de la estadística matemática, se considera como parte obligada en el campo de la normalización, la metrología y el control de la



calidad.

El control de calidad estadístico en su modalidad japonesa se enfoca al control del proceso; investigación de mercados-diseño- producción- ventas, a diferencia del control de calidad basado en la inspección de productos terminados. Como explica K. Ishikawa: "si en vez de acudir a la inspección dejamos de producir artículos defectuosos desde el comienzo, en otras palabras, si controlamos los factores del proceso que ocasionan productos defectuosos ahorraremos mucho dinero que de otra manera se gastaría en inspección".

1.2.1 Herramientas estadísticas básicas

El enfoque antes mencionado ocasionó que la actividad de control de calidad restringida a los niveles supervisores, emergiera para ocupar la atención de la dirección de las empresas cambiando radicalmente las ideas sobre la Administración. Esta modalidad entre cuyos precursores están Walter Shewart, el Dr. W. Edwards Deming, el Dr. J. M. Juran y el Dr. Kaoru Ishikawa; involucra conceptos novedosos como la consideración de los clientes como parte del proceso, o la promoción e institución de círculos voluntarios de control de calidad y la utilización de herramientas estadísticas relativamente simples pero que permiten seleccionar decisiones más racionales que intuitivas. Al respecto Ishikawa dice; "... hasta un 95% de los problemas de una empresa se pueden resolver con estas herramientas" refiriéndose a las siguientes:

- Diagrama de Pareto
- Histogramas de frecuencias
- Diagrama causa - efecto o diagrama de espina de pescado.
- Estratificación
- Hoja de verificación, planillas de inspección o gráficos de tarjados
- Diagramas de dispersión
- Gráficas, diagramas, cartas ocuadros de control (de Shewart)

A continuación se muestra una síntesis de algunas de estas herramientas básicas.

Diagrama de Pareto

Es una herramienta que permite localizar el problema principal y ayuda a localizar la causamás importante de este sobre la base del supuesto de la "Ley 80-20" o "la

separación de los Pocos vitales, de los muchos que son triviales”, lo que reconoce que un 20 % de las fuentes causan el 80 % de cualquier problema.

Diagrama causa - efecto

Es la representación de varios elementos (causas) de un sistema que pueden contribuir a un problema (efecto). Es una herramienta efectiva para estudiar procesos y situaciones, y para desarrollar un plan de recolección de datos. Es utilizado para identificar las posibles causas de un problema específico. La naturaleza gráfica del diagrama permite que los grupos organicen grandes cantidades de información sobre el problema y determinar exactamente las posibles causas. Finalmente, aumenta la probabilidad de identificar las causas principales.

Histograma de frecuencias

Es una gráfica de barras que permite describir el comportamiento de un conjunto de datos en cuanto a su tendencia central, forma y dispersión. Este permite que visualmente se pueda tener una idea objetiva sobre la calidad de un producto, el desempeño de un proceso el impacto de una acción de mejora. La correcta utilización de esta herramienta permite tomar decisiones no solo con base en la media, sino también con base en la dispersión y formas especiales de comportamiento de los datos. Su uso cotidiano facilita el entendimiento de la variabilidad y favorece la cultura de los datos y los hechos objetivos.

Gráficos de Control

Un gráfico de control es una herramienta estadística utilizada para evaluar la estabilidad de un proceso. Permite distinguir entre las causas de variación aleatorias y asignables. Todo proceso tendrá variaciones, pudiendo estas agruparse en:

- Causas aleatorias de variación. Son causas desconocidas y con poca significación, debidas al azar y presentes en todo proceso de difícil identificación y eliminación.
- Causas específicas (imputables o asignables). Normalmente no deben estar presentes en el proceso. Provocan variaciones significativas; sí pueden ser descubiertas y eliminadas.

Existen dos tipos generales de gráficos de control: para variables y para atributos. Las primeras se aplican a variables o características de calidad de tipo continuo, que intuitivamente son aquellas que requieren un instrumento de medición para medirse,

mientras que los gráficos de control por atributos se aplican para características de calidad cualitativas.

1.2.3 Control estadístico de procesos

El “Control Estadístico de Procesos” nació a finales de los años 20 en los Bell Laboratories. Su creador fue W. A. Shewart, quien en su libro “Economic Control of Quality of Manufactured Products” (1931) marcó la pauta que seguirían otros discípulos distinguidos (Jurán, Deming) entre otros.

Se conoce que la forma más antigua de gestionar la calidad resultante de los procesos es a través del control. Este control se ejercía inicialmente solamente sobre los productos. Asegurar la calidad de los procesos supone una elevada calidad a un coste admisible; la herramienta que ha permitido lograrlo en los procesos de fabricación es el Control Estadístico de los Procesos, (CEP).

El papel del CEP se ha ido reduciendo y concentrando con el tiempo por el rol que desempeña la planificación y mejora de la calidad. No obstante, siempre ha de existir algún tipo de control que confirme la existencia de la calidad final (del producto) y analice los datos para ajustar y controlar los procesos, de forma de asegurar que se obtenga la calidad planificada.

Se define el Control Estadístico de Procesos (CEP) como “la aplicación de los métodos estadísticos a la medición y análisis de la variación de cualquier proceso” (Jurán y Gryna, 1999).

1.2.4 La variabilidad de los procesos

En general, todos los procesos en las empresas emplean diferentes recursos con la finalidad de obtener un producto determinado, con independencia de sus características como productos tangibles o servicios. El hecho de integrar dichos recursos en un contexto determinado provoca variaciones causadas por las diferentes interacciones, además de las variaciones que puedan existir a escala individual. Por lo que en todo proceso, por muy preciso que sea, presenta una variabilidad.

La variabilidad se manifiesta sobre determinadas magnitudes que pueden ser determinantes para alcanzar la calidad exigida; éstas son las características de calidad que derivan en requisitos. La variabilidad no podrá eliminarse del todo, pero sí reducirse y acotarse. Serán admitidos como buenos los productos dentro de los límites



de tolerancia que posean los estándares, especificaciones y requisitos de calidad, ello se muestra de forma general en la capacidad del proceso.

Las causas que provocan la variabilidad de los requisitos del producto final proceden de los diferentes elementos que intervienen en el proceso, y por ello deben ser de dos tipos: una variabilidad inherente y una variabilidad natural. Esta clasificación determinará la existencia de dos tipos de causas que provocan variación (Jurán, 2001).

1.3 Análisis crítico de las metodologías para el control de la calidad

En el presente epígrafe se muestra un análisis de la autora a diferentes metodologías para el control y control estadístico de la calidad, donde mediante la revisión de la literatura, tanto nacional como internacional, se evidencia que con respecto al tema aparecen varias propuestas metodológicas como son:

1. Diseño de un sistema de control de calidad para la especie de madera de pino en el aserradero “San Jorge” en el departamento de Jalapa (Acevedo, J.P.R. 2005).
2. Propuesta de una metodología para el control de la calidad en una empresa de software (Ferrari, S.2007).
3. Evaluación de la Estabilidad y el Control Estadístico en los procesos de la Cadena de Suministros de los Almacenes de Medicamentos de Villa Clara (Capote Suárez, Y.2008)
4. Adaptación y aplicación de un procedimiento para el control y mejora de la satisfacción de los clientes en la empresa de Desmonte y Construcción Holguín (Leyva, V.A.S.2009)
5. Control Estadístico de Procesos por Atributos: Caso ZF Sachs (Ramírez Méndez, E. 2011).
6. Análisis del sistema de control de la calidad en la producción de FitoMas (Ramos Lage, Y. 2012)
7. Establecimiento de un programa de control para el proceso de producción Buje Porta LEED del Taller 25 de la EMI Ernesto Che Guevara (Almeida Consuegra, Y.2012)
8. Metodología miceps para control estadístico de procesos: caso aplicado al proceso de producción de vidrio templado (Ortíz Barrios, M.A. y Felizzola Jiménez, H.A.2014).
9. Contribución al análisis multivariado de la Calidad en el control estadístico de los procesos de construcción civil. Aplicación a la brigada cuentapropista “Construcciones El Progreso” (Echemendia Gómez, J. 2016).



10. Metodología para el control y mejora de la calidad en el sector no estatal de la transformación del Plástico (Santana Tamayo, I. 2017).

A continuación se exponen los principales aportes y deficiencias de las metodologías antes mencionadas (**tabla 1.2**):

Metodología	Aportes	Limitaciones
Diseño de un sistema de control de calidad para la especie de madera de pino en el aserradero “San Jorge” en el departamento de Jalapa.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tiene en cuenta los principios de calidad. ➤ Se aplica el sistema de control a través de la ISO 9000:2000. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ No considera la capacitación del personal. ➤ Se basa solo en la planificación de los procesos. ➤ No propone acciones correctivas.
Propuesta de una metodología para el control de la calidad en una empresa de software.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Comprende el uso combinado y sistémico de actividades de prueba e inspección para la mejora de la calidad del software. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ No se analizan las desviaciones. ➤ No propone acciones correctivas.
Evaluación de la Estabilidad y el Control Estadístico en los procesos de la Cadena de Suministros de los Almacenes de Medicamentos de Villa Clara.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Propone una metodología de monitoreo que posibilita la evaluación de la estabilidad y del control estadístico de los procesos de la cadena de suministros de medicamentos. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ No establece como realizarla inspección del proceso. ➤ No define el tamaño de la muestra ni su frecuencia de control. ➤ No propone acciones correctivas.

<p>Adaptación y aplicación de un procedimiento para el control y mejora de la satisfacción de los clientes en la Empresa Desmonte y Construcción Holguín.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Concibe un procedimiento para la medición y mejora de la satisfacción de los clientes, adaptado a entidades productivas que presten servicio de ejecución de obra. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Solo se basa en la satisfacción del cliente externo.
<p>Control Estadístico de Procesos por Atributos: Caso ZF Sachs.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Se propone una metodología que incorpora el uso de una carta de control por atributos con doble muestreo. ➤ Puede utilizarse para cualquier proceso cuyas características de calidad de interés sigan una distribución binomial. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ El área de estudio de la investigación se delimita a cartas de control por atributos y a la identificación de la carta más adecuada para los atributos críticos relacionados con una operación. ➤ No analiza la capacidad del proceso. ➤ No propone acciones correctivas.
<p>Análisis del sistema de control de la calidad en la producción de FitoMas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Permitió la identificación los problemas que afectaron el proceso de producción. ➤ Diseño de diferentes procedimientos y registros para cada punto de inspección. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ No tiene en cuenta la capacitación del personal encargado de aplicar el procedimiento. ➤ No propone acciones correctivas.

<p>Establecimiento de un programa de control para el proceso de producción Buje Porta LEED del Taller 25 de la EMI Ernesto Che Guevara.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Propone un programa de control que permite identificar alternativas para la mejora de la calidad. ➤ Se determinan los problemas y factores causales con el uso de herramientas de calidad y normas actualizadas. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ No establece la creación de un grupo para la aplicación del programa de control, otorga responsabilidades de manera individual. ➤ No tiene en cuenta la capacitación del personal encargado del control.
<p>Metodología miceps para control estadístico de procesos: caso aplicado al proceso de producción de vidrio templado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ MICEPS propicia beneficios en términos de aumento de eficiencia operacional, reducción de costos de no calidad y disminución en los retrasos presentados en la entrega del producto, detección temprana de anomalías en el proceso y reducción de productos defectuosos. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ No considera el tamaño de la muestra a inspeccionar ni su frecuencia de control. ➤ No propone acciones correctivas.

<p>Contribución al análisis multivariado de la Calidad en el control estadístico de los procesos de construcción civil. Aplicación a la brigada cuentapropista “Construcciones El Progreso”</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Evalúa la estabilidad y el control estadístico de los procesos sobre la base de un enfoque multivariado facilitandola toma de decisiones. ➤ Clasifica las principales fallas y defectos en cada una de las actividades desde el punto de vista del cliente. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ No está estructurada como una metodología. ➤ Solo contempla el control estratégico de calidad; analiza el cumplimiento de los requisitos de calidad de los procesos y la satisfacción del cliente.
<p>Metodología para el control y mejora de la calidad en el sector no estatal de la transformación delPlástico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Contribuye al control y mejora de la calidad del sector no estatal de la transformación del plástico mediante 4 etapas, 17 pasos y 2 tareas. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ No establece acciones para el establecimiento de los medios de medición.

Tabla 1.2 Principales aportes y limitaciones en las metodologías para el control de la localidad.

Del análisis de estas metodologías se puede inferir de forma general, que no se analizan los aspectos a controlar con un propósito u objetivo en particular o las metodologías se basan específicamente en la satisfacción del cliente, así como, no consideran los procesos o actividades que se desarrollan. Además en las metodologías consultadas, no consideran tampoco aspectos fundamentales de planificación y control estadístico, lo que evidencia la importancia y novedad de esta investigación. Este es el sello distintivo del enfoque metodológico que se asume para el diseño de la metodología en el capítulo 2 de la tesis.

1.4 Situación actual del control estadístico de la calidad del proceso en la UEB Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio"

Una vez definida la posición teórica de partida y haber analizado las principales características del objeto de investigación, se presentan los resultados del diagnóstico



del estado actual del control estadístico de la calidad en la UEB Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio". El diagnóstico se realizó a partir de una entrevista realizada a especialistas y trabajadores y la aplicación de la técnica de análisis y representación de datos, como el diagrama de Pareto (**Anexo 4**).

A partir del diagnóstico realizado en el primer cuatrimestre (Enero-Abril) del presente año, se detectaron 354 no conformidades en la realización de la producción, de estas 240 corresponden al taller de Maquinado lo que representa el 67,8 % del total de no conformidades. Este resultado evidencia que existen deficiencias que dificultan el desarrollo exitoso del control de la calidad en el taller de Maquinado de la UEB Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio".

Las deficiencias determinadas en el diagnóstico y demás instrumentos mencionados en el presente capítulo para el control de la calidad, se consideraron para el diseño de la metodología de planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso, aplicada en el taller de Maquinado de la UEB Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio".

A partir del análisis realizado se puede concluir que existe la necesidad de implementar el control estadístico de la calidad del proceso en la UEB Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio" por las siguientes razones:

- Los productos elaborados no cumplen con los requisitos de conformidad.
- Insuficiente nivel de preparación de técnicos y directivos para comprender y aplicar control estadístico de la calidad.

Conclusiones parciales

1. Existen diferentes concepciones teóricas y metodológicas sobre el control de la calidad. La autora considera necesario el control estadístico como sello distintivo del enfoque metodológico para el diseño de la metodología en el capítulo 2 de la tesis.
2. Se determinó que existen deficiencias con respecto al control de la calidad en el taller de Maquinado de la UEB Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio".

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA PARA LA PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD DEL PROCESO. APLICACIÓN Y VALORACIÓN DE SU PERTINENCIA

A través de los presupuestos teóricos analizados en el capítulo anterior, se evidencia la necesidad de desarrollar el control estadístico de la calidad del proceso en el taller de Maquinado de la UEB Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio", por lo cual se propone una metodología (figura 2.1) que consta de tres etapas, 16 pasos, 9 acciones y 3 alternativas, los cuales se describen a continuación:

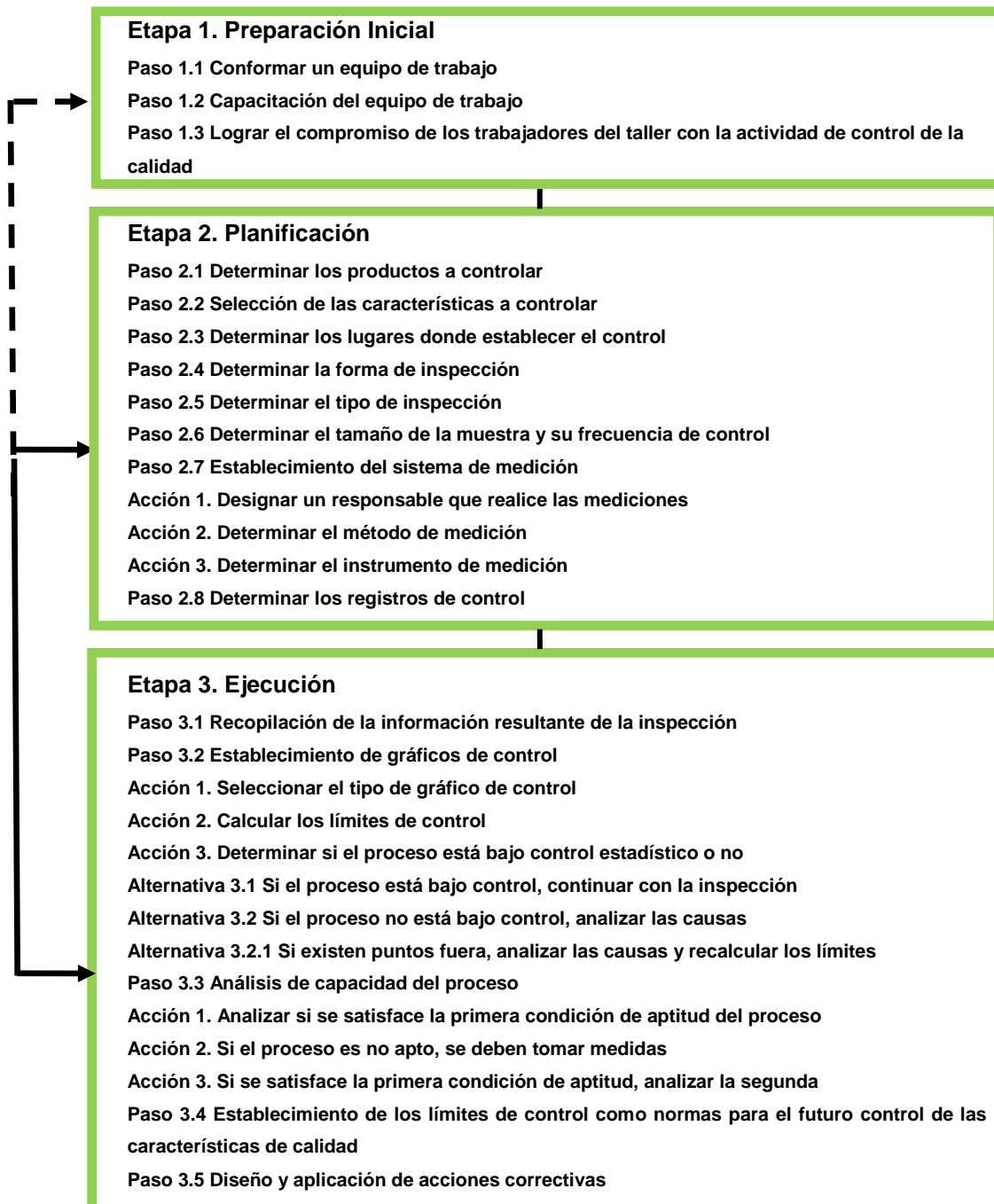


Figura 2.1. Metodología para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso.

2.1 Metodología para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso

Etapla 1. Preparación Inicial

Objetivo: sentar las bases para el desarrollo del estudio, facilita y asegura en gran medida la participación activa de todo el personal implicado, desde el jefe de taller que lo dirige y se responsabiliza por su cumplimiento hasta el personal directo que participa en el proceso, con la finalidad de llevar a cabo eficientemente el control.

Paso 1.1 Conformar un equipo de trabajo

El equipo de trabajo estará constituido por representantes de la calidad de la Empresa Mecánica, a la cual están vinculados todos los talleres, especialistas de calidad, técnicos y directivos del taller con suficiente experiencia y nivel de conocimientos.

Este equipo debe ser responsable de crear las bases para la definición e implementación de la metodología para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso explicando la secuencia metodológica que esta debe seguir.

Paso 1.2 Capacitación del equipo de trabajo

Para la aplicación de la metodología es indispensable la preparación de todo el personal seleccionado respecto a las actividades que se ejecutan en las áreas de trabajo. Se debe establecer un plan para la formación: conferencias, seminarios, talleres, reuniones, cursos de actualización al equipo de trabajo, en el cual se aborden temáticas referentes al control de la calidad, haciendo énfasis en el control estadístico de la calidad del proceso, su importancia, análisis y aplicación en la actualidad como herramienta para la toma de decisiones y detección de oportunidades de mejora; además, asegurar que los miembros del equipo comprendan las técnicas, herramientas y variables a considerar en el control de la calidad para propiciar la motivación de todo el personal involucrado respecto a la metodología a aplicar.

Paso 1.3 Lograr el compromiso de los trabajadores del taller con la actividad de control de la calidad

Lograr el compromiso es vital para garantizar la fluidez y la calidad de las acciones posteriores, pues como afirman Beer, (1989) y Gómez, (1990), es necesario conocer las peculiaridades y potencialidades del personal. Demostrar los problemas que traen consigo la falta de control, es el objetivo propuesto. Se trabajará en función de garantizar una voluntad colectiva de acción y una participación activa como elemento fundamental para formar el equipo de trabajo.

La caracterización se realizará teniendo en cuenta los siguientes elementos:

- Nombre y dirección
- Proveedores
- Principales Clientes
- Breve caracterización de la fuerza de trabajo
- Tecnología

Se debe confirmar que el personal de la organización esté totalmente convencido de la necesidad de desarrollarla metodología y que está apta para dar inicio al estudio; es necesario establecer un compromiso de todos los miembros.

Etapa 2. Planificación

Objetivo: diseñar un sistema de control estadístico de la calidad del proceso que satisfaga las necesidades del taller de la empresa.

Paso 2.1 Determinar los productos a controlar

El equipo de trabajo debe determinar los productos que se van a controlar, esto estará condicionado por aquellos factores que afectan la calidad del producto, estos deben prevenirse o disminuirse (no conformidades, rechazos, reprocesos), entre otros; para ello se recurre a la aplicación de la técnica del diagrama de Pareto para el análisis de los productos que tienen mayor incidencia en las no conformidades, lo que permite al equipo de trabajo establecer las prioridades.

Paso 2.2 Selección de las características a controlar

Luego de haber identificado los productos a controlar, el equipo de trabajo debe seleccionar las características de calidad que deben mantenerse bajo control, a partir de su incidencia en la calidad del producto terminado y en el costo o pérdidas económicas



que genere el incumplimiento de los requisitos establecidos para las características de la calidad. Para la selección de las características de calidad que se consideren críticas, al igual que en el paso anterior, se empleará la técnica del diagrama de Pareto.

Se utiliza el método de expertos de Concordancia de Kendall para ponderar económicamente las afectaciones que provocan los defectos (cuando no se conocen los costos que ocasionan los mismos), por tanto el ordenamiento deberá ser descendente, es decir, otorgarle el mayor valor a la característica que más pérdidas económicas ocasiona y se calcula un coeficiente de ponderación económica:

$$k_i = \frac{\sum A_{ij}}{\sum \sum A_{ij}}$$

Luego de obtener los resultados, se emplea el diagrama de Pareto para mostrar el ordenamiento según la frecuencia de aparición de los defectos por la ponderación económica, lo que permite al equipo de trabajo establecer la característica que tiene mayor prioridad de análisis a través de un análisis combinado de la frecuencia de aparición de las no conformidades y la ponderación de los costos que representa el no cumplimiento con los requisitos técnicos, o sea, las no conformidades.

Paso 2.3 Determinar los lugares donde establecer el control

Para determinar los lugares de control es importante el estudio del proceso tecnológico, considerando los componentes tecnológicos y las operaciones que componen la fabricación de los productos. En este paso se hace necesario recurrir directamente al proceso de producción, a partir de ello se obtendrá una visión clara de las características reales de las máquinas con que cuentan los operarios del taller para realizar las producciones, al consultar o crear el flujograma de producción en caso de que no exista. Para la creación del mismo, se deben utilizar bibliografías especializadas; se recomienda el uso del diagrama OTIDA. El control debe realizarse lo más cercano a la característica que se mide, teniendo en cuenta el costo que conlleva dicha evaluación; el equipo de trabajo deberá llegar a un acuerdo mediante el empleo de técnicas de consenso.

Paso 2.4 Determinar la forma de inspección

El equipo de trabajo establecerá las formas de inspección de cada característica, en correspondencia con las particularidades propias de las mismas. Para ello se debe tener



en cuenta las características de cada forma de inspección (por atributo o variables). Ver **anexo 20**.

Paso 2.5 Determinar el tipo de inspección

Para desarrollar este paso el equipo de trabajo debe determinar el tipo de inspección a establecer de acuerdo con la cantidad de unidades a inspeccionar, teniendo en cuenta los tipos de inspección:

- Inspección 100%
- Inspección por muestreo

La inspección al 100% solo debe utilizarse en los siguientes casos:

- Para las características de calidad que puedan tener una gran incidencia sin los productos que se elaboran y cuyo incumplimiento pueda llevar a la ocurrencia de defectos con grandes riesgos o graves consecuencias para los usuarios, o grandes pérdidas económicas.
- Para situaciones muy especiales, por ejemplo: comprobar el funcionamiento de equipos.
- En procesos no aptos.

La inspección por muestreo es necesaria en los siguientes casos:

- Pruebas destructivas.
- Inspección de productos de gran longitud.
- Inspección de grandes cantidades.
- Cuando se desea minimizar los costos de inspección.
- Cuando existen muchas áreas a inspeccionar.

Paso 2.6 Determinar el tamaño de la muestra y su frecuencia de control

Dado que el objetivo de la inspección del estudio es el control del proceso, el equipo de trabajo debe escoger el tamaño de la muestra en dependencia de la forma de inspección que se vaya a utilizar:

Inspección por variables

- Los tamaños de muestra más empleados oscilan entre 1 y 25 unidades. Las muestras de 2 o 3 unidades son poco empleadas por su baja sensibilidad, empleándose sólo cuando el costo de las mediciones es muy alto.

- Las muestras de tamaño 5 facilitan los cálculos de la media en comparación con los de 4 ó 6.
- Las muestras de tamaño 10 hasta 25 se utilizan cuando se desea una alta sensibilidad en el gráfico.
- Tamaños de muestras > 25 unidades se emplean excepcionalmente.

Inspección por atributos

- El tamaño de los subgrupos y el intervalo entre los mismos debe ser tal que se inspeccione aproximadamente un 5 % de la producción.
- En los procesos muy masivos que no presentan dificultades frecuentes o el porcentaje de producción defectuosa no es grave, este porcentaje se puede rebajar a menos de un 5 %.
- En el proceso que sufre a menudo variaciones en la calidad de su producción o cuando el aumento del costo que origina la presencia de unidades defectuosas es muy elevado, se podrá considerar económico seleccionar hasta el 10 %.

Para determinar la frecuencia de control según Feigenbaum, se deben considerar los siguientes factores:

1. El tamaño de muestra tomado.
2. Las características de la operación tecnológica
 - Volumen de producción (Razón de producción por hora)
 - Condición del proceso o comportamiento del proceso (errático, estable, controlado).

Como las producciones son por pedido se recomienda que se tomen las muestras en un periodo de tiempo relativamente corto, aún así el equipo de trabajo deberá llegar al consenso mediante el empleo de técnicas propias del grupo.

Paso 2.7 Establecimiento del sistema de medición

Para el establecimiento del sistema de medición el equipo de trabajo debe determinar un observador, método y el tipo de instrumento a utilizar.

Acción 1. Designar un responsable que realice las mediciones

El equipo de trabajo designará un responsable que realice las mediciones teniendo en cuenta la calificación requerida y experiencia para desarrollar esta acción.

Acción 2. Determinar el método de medición



Para la selección del método de medición apropiado deben considerarse varios factores: la exactitud que se requiera, la economía del proceso de medición, entre otros. El responsable encargado de realizar las mediciones debe considerar los siguientes aspectos:

Métodos de Medición:

1. Directos
2. Indirectos
3. Combinados

Mediante los métodos directos la medida se obtiene directamente con un instrumento graduado en la escala apropiada; estos métodos pueden ser de:

- **Apreciación:** Es la medición de la presión con un manómetro o intensidad de corriente con un amperímetro.
- **Diferencial:** Consiste en determinar la diferenciación entre la magnitud buscada y una conocida.
- **Equilibrio:** Consiste en lograr el equilibrio entre una magnitud conocida y otra desconocida. Ejemplo: determinación de la masa en una balanza de platillos.
- **Coincidencia:** Consiste en comparar una serie de marcas o graduaciones uniformes con otra. Ejemplo: empleo del vernier en un pie de rey.
- **Sustitución:** Consiste en sustituir la magnitud que se va a medir por otra medida sin variación alguna en el indicador del instrumento. Ejemplo: medición de la resistencia eléctrica en un producto, en que se sustituye la resistencia que se mide por una conocida, manteniendo la misma desviación en el indicador de un galvanómetro.
- **Comparación:** Es sustituir una cantidad de magnitud conocida por la que se ha de medir, comparando ambas indicaciones en el instrumento de medición que se emplea. Ejemplo: cuando se mide la resistencia eléctrica mediante un potenciómetro.

Con el método indirecto la medida se obtiene como resultado de la medición de otras variables relacionadas matemáticamente con ella.

Los métodos combinados son los que resultan de la combinación de los métodos anteriores.

Acción 3. Determinar el instrumento de medición

Una vez seleccionado el método de medición, se define el tipo de instrumento que debe ser utilizado. Se deben considerar aspectos tales como:

- Las características a medir.
- Intervalo de medición.
- Precisión.

Paso 2.8 Determinar los registros de control

El equipo de trabajo debe establecer los registros de control, donde se recopile la información de las inspecciones realizadas. Los miembros del equipo, según se hayan distribuido las responsabilidades deben poner en marcha cada uno de los pasos definidos en el procedimiento anterior en diferentes periodos de tiempo.

La empresa utiliza el registro R08-24 Sistema Integrado de Gestión Control de bienes y servicios no conformes (**anexo 23**), teniendo en cuenta los procedimientos siguientes:

- Pr 08-04 Control de Entrada de productos y servicios Suministrados.
- Pr 08-05 Control de la Calidad en el Proceso.
- Pr 08-06 Control de las Producciones Terminadas.

Este registro no está diseñado para la aplicación de un control estadístico en el propio proceso de fabricación; a continuación se propone el uso de registros de control por variable y atributo:

Registro de control por variable

Número de muestras	X1	X2	X3	Xn...	$\sum X$	Media \bar{X}	Rango R
--------------------	----	----	----	-------	----------	-----------------	---------

Registro de control por atributo

Número de muestras	Tamaño de muestra nj	No. de defectos (np)j	Fracción de defectos pj	Porcentaje de defectos 100 pj
--------------------	----------------------	-----------------------	-------------------------	-------------------------------

Etapa 3. Ejecución

Objetivo: poner en práctica todas las actividades diseñadas en la planificación hasta lograr una recopilación y procesamiento de la información con las herramientas



requeridas, haciendo énfasis en la utilización de los gráficos de control con vistas a determinar la presencia o no de causas asignables de variación, los correspondientes análisis de aptitud del proceso hasta lograr la definición de los límites de control como normas para el futuro control de las características de calidad.

Paso 3.1 Recopilación de la información resultante de la inspección

El equipo de trabajo deberá recopilar toda la información necesaria y registrarla, esto permitirá la retroalimentación sobre el comportamiento de las características, para elevar el nivel de calidad y para introducir posteriormente acciones correctivas. Para el procesamiento de la información se utiliza como herramienta Excel, el cual posee una base de datos previamente conformada, con los registros y las fórmulas necesarias.

Paso 3.2 Establecimiento de gráficos de control

La utilización eficaz del gráfico de control permite la detección oportuna de las desviaciones anormales en el proceso, así como la prevención de futuras apariciones de productos que no se correspondan con los índices de calidad establecidos (productos no conformes). Luego de haber procesado la información el equipo de trabajo debe llevar a cabo las acciones que componen esta etapa para el establecimiento de los gráficos de control.

Acción 1. Seleccionar el gráfico de control

El equipo de trabajo debe seleccionar el tipo de gráfico a emplear según la característica a inspeccionar y si es susceptible a ser evaluada cuantitativa o cualitativamente. De forma general se selecciona:

Para datos de variables:

Cuando la característica que se inspecciona puede medirse cuantitativamente, por ejemplo: la magnitud, la masa o el contenido de un determinado componente de un producto.

Para datos de atributos:

Cuando la inspección consiste en apreciar la presencia u ausencia de determinado atributo tal como una o más unidades no conformes o un número de no conformidades apreciables visualmente, o una prueba comparativa mediante un patrón.

Se deben tener en cuenta los elementos para la selección de gráfico de control por variables o por atributos (**anexos 24 y 25**).



Acción 2. Calcular los límites de control

Los límites de control se usan como criterio para señalar la necesidad de aplicar una acción o para juzgar si un conjunto de datos indica o no un estado de control estadístico.

Límites de Control	
Variables	Atributos
Media $LC = \bar{X}$ $LSC = \bar{X} + A_2\bar{R}$ $LIC = \bar{X} - A_2\bar{R}$	Fracción defectuosa (n constante) $LC = \bar{p}$ $LSC = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{(1-\bar{p})\bar{p}}{n}}$ $LIC = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{(1-\bar{p})\bar{p}}{n}}$
	$LSC = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{(1-\bar{p})\bar{p}}{n}}$ (n no constante) $LIC = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{(1-\bar{p})\bar{p}}{n}}$
Rango $LC = \bar{R}$ $LSC = D_4 \times \bar{R}$ $LIC = D_3 \times \bar{R}$	Cantidad de defectos (n constante) $LC = n\bar{p}$ $LSC = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$ $LIC = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$

Acción 3. Determinar si el proceso está bajo control estadístico o no

Cuando un proceso está bajo control estadístico los puntos del gráfico de control fluctúan al azar entre los límites sin un patrón reconocible. A continuación se muestran un conjunto de reglas generales para analizar un proceso con el fin de determinar si está bajo control:

- No existen puntos fuera de los límites de control.



- La cantidad de puntos por encima y por debajo de la línea central es aproximadamente la misma.
- Los puntos parecen concurrir aleatoriamente por encima y por debajo de la línea central.
- La mayoría de los puntos aparecen cerca de la línea central y solo unos cuantos se ubican cerca de los límites de control.

Alternativa 3.1 Si el proceso está bajo control, continuar con la inspección

Mientras todos los puntos se encuentren entre los límites de control establecidos y no se observen síntomas anormales en el gráfico; el proceso está bajo control, por tanto la inspección continúa.

Alternativa 3.2 Si el proceso no está bajo control, analizar las causas

Si alguna de las reglas mencionadas anteriormente se incumple el proceso se encuentra fuera de control; se deben analizar las causas de variación del proceso:

Causa asignable o especial:

Factores (generalmente numerosos, pero individualmente de relativa importancia) que se puede detectar e identificar como causante de un cambio en una característica de la calidad o nivel del proceso.

Causa aleatoria o común:

Factores generalmente numerosos pero poco importantes, que contribuyen a la variación y no han sido necesariamente identificados.

Luego de analizar estos aspectos, se procede al análisis de las causas a través del diagrama de Ishikawa.

Puede ocurrir que todos los puntos estén entre LIC y LSC pero el proceso no esté bajo control y pueda declararse una alarma:

- Racha: 8 puntos o más consecutivos a un mismo lado de la línea central.
- Tendencia: 8 puntos o más en orden creciente o decreciente.
- Periodicidad: Se repite el mismo patrón de puntos en periodos de longitud fija
- Inestabilidad: Fluctuaciones cerca de LIC y LSC.
- Superestabilidad: 16 puntos o más entre $-\sigma$ y $+\sigma$.

Alternativa 3.2.1 Si existen puntos fuera, analizar las causas y recalcular los límites

Cada vez que aparece un punto fuera de los límites de control se declara la ocurrencia de una alarma, cuyo origen hay que investigar para eliminar el problema del proceso. Si un punto es eliminado se recalculan los límites. Este procedimiento se repite hasta que no se salga ningún punto fuera, lo que significa que el proceso estaría en control estadístico.

Paso 3.3 Análisis de capacidad del proceso

Para poder realizar un análisis de la capacidad o aptitud del proceso, el equipo de trabajo debe tener en cuenta los siguientes requisitos:

- El proceso y el procedimiento de medición deben estar definidos.
- Durante el tiempo que se realice el estudio de aptitud debe trabajarse con el mismo operario, inspector, método de trabajo y lote de materias primas; de forma tal que no se produzcan variaciones anormales en el proceso.
- Deben eliminarse las recalibraciones de los medios de medición.
- El proceso debe estar en control durante el tiempo que se tomen los datos.
- Los valores de la característica de calidad que se inspeccione deben ajustarse a la distribución normal.
- El operario no debe hacer correcciones en la alimentación del proceso, ni ajuste alguno en el mismo, mientras se determina la aptitud.
- Evitar interrupciones innecesarias durante el estudio.

Acción 1. Analizar si se satisface la primera condición de aptitud del proceso

Para que un proceso sea apto deben cumplirse dos condiciones:

1ra condición:

$$T_n \leq L.S.T - L.I.T$$

2da condición:

Se debe cumplir que los Límites Estimados de Aptitud o Límites Naturales (LTN o LEA) del proceso estén comprendidos dentro de los Límites de Tolerancia Técnicos; que la media esté convenientemente situada entre las especificaciones de diseño.

Si $T_n > L.S.T - L.I.T$ el proceso es no apto, independientemente que pueda o no ser ajustado.

Acción 2. Si el proceso es no apto, se deben tomar medidas

Ante un proceso no apto, se deben considerar las alternativas siguientes:



1. Realizar un cambio en el proceso
 - Emplear otro proceso más preciso
 - Adquisición de nuevas piezas componentes para ser sustituidas en el equipo actual, nuevos materiales, a fin de hacerlo más preciso
2. Un cambio en los límites de tolerancia técnicos
 - Ampliar las especificaciones técnicas o de diseño
3. Proceder a una inspección 100 % para eliminar la producción defectuosa
 - Se considerará si el costo de inspección fuera muy reducido

Acción 3. Si se satisface la primera condición de aptitud, analizar la segunda

Si $T_n \leq L.S.T - L.I.T$, entonces se analizan los Límites Estimados de Aptitud (LEA) del proceso estén comprendidos dentro de los Límites de Tolerancia Técnicos.

El procedimiento para el análisis de los gráficos de control por variables es el siguiente:

Límite Superior de Tolerancia Natural: $LSTN = \bar{X} + 3\hat{\sigma}$

Límite Inferior de Tolerancia Natural: $LITN = \bar{X} - 3\hat{\sigma}$

- Para una distribución normal los LTN incluyen el 99,73% de la variable, o sea el 0,27% de la salida del proceso caerán fuera de los LTN.
- Si la distribución no es normal, entonces el % que cae fuera de los LTN difiere considerablemente del anterior.
- Si los LSE y LIE son mayores que los LSTN y LITN, no se producirán unidades defectuosas.
- Si los LSE y LIE son iguales que los LSTN y LITN, significa un número moderadamente muy bajo de unidades defectuosas, constituyendo la peor condición para que el proceso sea apto.
- Si los LSE y LIE son menores que los LSTN y LITN, significa un número alto de unidades defectuosas.

Puede suceder que los gráficos de control de variables reflejen que el proceso está bajo control y sin embargo $CP < 1$, lo que indica que la capacidad del proceso es inaceptable. Ver **anexo 30**.

Paso 3.4 Establecimiento de los límites de control como normas para el futuro control de las características de calidad



Una vez demostrado que el proceso está en control estadístico y es apto, los límites de control calculados sirven como normas para el futuro control de las características de calidad.

Paso 3.5 Diseño y aplicación de acciones correctivas

Una vez analizado los resultados se procede a la definición de las estrategias de mejora. La elaboración del plan de acción, contribuirá al cumplimiento para dar solución a las dificultades que limiten el desempeño de la organización. Para su elaboración se debe tener en cuenta los aspectos siguientes: La acción a ejecutar; el responsable encargado y las fechas de control y ejecución así como los recursos a emplear.

2.2 Aplicación de la metodología propuesta para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso

Etapas 1. Preparación Inicial

Paso 1.1 Conformar un equipo de trabajo

El equipo de trabajo quedó constituido por 7 personas que poseen experiencia y conocimientos para implementar el programa de control y mejora en el taller de Maquinado de la UEB Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas perteneciente a la Empresa Mecánica “Héroes del 26 de Julio” en Holguín. Entre el personal que compone este equipo se encuentran los especialistas de calidad, jefe de brigada, un técnico de gestión de la calidad con experiencia en el trabajo que se realiza. En la siguiente tabla se muestran los miembros que integran el equipo de trabajo:

Nombre	Cargo
Rolando Ramírez Rodríguez	Especialista Principal de Control de la Calidad
Santiago Gonzales Alarcón	Jefe de Taller
Julio Herrera Rojas	Especialista Superior Mecánico
Antonio Zúñiga Fernández	Jefe de brigada
Orlando Pereda Pérez	Técnico en Gestión de la Calidad
Freddy Cobas Aguilera	Especialista B en Gestión de la Calidad
Sandra Mendoza	Especialista B en Gestión de la Calidad

Paso 1.2 Capacitación del equipo de trabajo

Se logró la capacitación y preparación de todo el personal seleccionado a través de conferencias y talleres acerca de la aplicación de la metodología y temas relacionados con el control y mejora de la calidad así como del control estadístico. Se desarrolló una reunión de intercambio y análisis con el personal seleccionado para esclarecer la necesidad, las ventajas y los métodos que se emplearán para atenuar la resistencia al cambio que todo el proceso puede traer aparejado.

Paso 1.3 Lograr el compromiso de los trabajadores del taller con la actividad de control de la calidad

La metodología se llevará a cabo en el taller de Maquinado de la UEB Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio", ubicado en Camino a Fundición No. 1 e/ carretera a San Germán y Final, Holguín.

Proveedores

En la provisión de materias primas y materiales, se comercializa con tres empresas importadoras, subordinadas al MINDUS, las que en los últimos años producto a las fuentes financieras disponibles, se han concentrado en:

- OLEOHIDRÁULICA FERRUZ, S.A.
- CHINA AUTO CAIEC LTD.
- CHINA CAMC ENGINEERING CO., LTD.
- TRECOM COMPONENTES S,L
- ZHEJIANG LIN IRON AND STEEL IMPORT AND EXPORT CO., LTD.
- RODABIL S.A.U.

Para el resto de los insumos se interactúa con empresas comercializadoras nacionales de ventas mayoristas, contribuyendo todas a formar la cadena de suministro externa.

Clientes

Los principales clientes son: Grupo AZCUBA, MINAG, ALMEST, UERMP y MITRANS.

Tecnología

El equipamiento tecnológico del taller presenta las siguientes limitaciones:

- Alto nivel de obsolescencia en su mayoría.
- Deficiente mantenimiento.
- Alto nivel de equipamiento paralizado ya sea por roturas o en conservación.

➤ Equipos subutilizados por falta de contenido que garantice una explotación continua de los mismos.

Caracterización de la fuerza de trabajo

El taller de Maquinado está compuesto por cinco brigadas de maquinado, un grupo de tecnología y un grupo de producción. La plantilla aprobada es de 88 trabajadores para una cobertura del 85,2 %, ya que actualmente está integrado por 75 trabajadores. Prevalcen los operarios (86,7%), lo cual está en correlación con el objeto social del taller. Según la distribución por sexo predominan los hombres sobre las mujeres, propio del tipo de actividad que se desarrolla. En relación a la edad, el 21% está comprendido de 17 a 25 años, el 7% entre 26 y 35 años, el 13% están en la edad de 36 a 45 años, el 24% entre 46 y 55 años y el 35% mayor de 55 años. Ver **Anexo 5**.

Etapa 2. Planificación

Paso 2.1 Determinar los productos a controlar

El equipo de trabajo realizó un diagrama de Pareto (**anexo 6**) para determinar los productos a controlar. Según los resultados obtenidos a partir de la aplicación de esta técnica, se determinaron los productos a controlar teniendo en cuenta las piezas que presentan un mayor porcentaje de no conformidades: la Cuchilla KTP y la Tapa Chumacera, son las piezas que presentaron un mayor índice de no conformidades en el período analizado; la Cuchilla KTP con 110 no conformidades lo que representa el 45,8% del total del taller, mientras que la Tapa Chumacera presentó 41 no conformidades para el 17,1% aproximadamente.

Cuchilla KTP

Paso 2.2 Selección de las características a controlar

El equipo de trabajo para determinar la característica crítica de calidad para la Cuchilla KTP realizó un análisis de las características de calidad, a partir del porcentaje de no conformidades que estas representan con la aplicación del diagrama de Pareto. La característica crítica de calidad para esta pieza resultó ser el espesor del filo (**anexo 8**). Con el objetivo de determinar cuál es la característica de calidad en relación a su influencia en el costo, se aplicó el método de expertos Kendall, según el criterio de 7 expertos.

Debido al desconocimiento de los costos que generan las características de calidad de



esta pieza, como se tienen cinco características, se les solicitó que a la característica que tuviera mayor incidencia en el costo le otorgaran el valor de 5 y la que menos incidiera el valor de 1 (**anexo 9**).

El criterio de los expertos concuerda, por tanto es confiable. Luego, se calculó el coeficiente de ponderación económica para cada una de las características analizadas. A partir de la frecuencia de aparición de los defectos por el coeficiente anteriormente calculado, se representó la información obtenida a través del diagrama de Pareto. La característica que tiene mayor incidencia en el costo resultó ser el espesor del filo. **Ver anexo 10**

Paso 2.3 Determinar los lugares donde establecer el control

Para desarrollar esta acción resulta necesaria la elaboración del diagrama OTIDA del proceso para cada operación que se realiza a la pieza en el taller (**anexo 11**). A continuación, se describe el proceso de producción de la Cuchilla KTP y los lugares en los que se debe establecer el control.

Descripción del proceso de la Cuchilla KTP

El proceso de fabricación de la cuchilla en el taller de maquinado comienza con la entrada del semiproducto que proviene del taller de Forja. El semiproducto se transporta hacia el área de las fresadoras. Luego se introduce un pasador que contiene 6 unidades/montaje por el slot de los extremos, se apoya en la parte superior de la placa del dispositivo con el objetivo de garantizar la especificación de la base tecnológica (6,5mm). Luego se procede al fresado del ancho, esta operación se realiza inversamente a la anterior, la pieza se gira y se apoya en dos placas que están situadas en el interior del dispositivo, se asienta con golpes y se ajusta el dispositivo para el fresado. Seguidamente, se garantizan las dimensiones del borde hacia el slot y el largo total, se introduce un pasador por el agujero y se realiza el fresado de ambos lados. Se realiza el rebabado de la pieza través de la electroesmeriladora para eliminar cantos agudos y bordes cortantes para lograr un mejor apoyo de los elementos a maquinar. Luego se realiza la operación de perfilado, se colocan 3 piezas/montaje y se desbasta en una primera pasada; se ajusta la máquina y se realiza el fresado que garantiza el ángulo del dispositivo. Finalmente se transporta hacia el taller de tratamiento térmico.

Paso 2.4 Determinar la forma de inspección

Se determinó para el espesor del filo de la cuchilla realizar la inspección por variable.

Paso 2.5 Determinar el tipo de inspección

El equipo de trabajo determinó para esta característica de calidad realizar la inspección por muestreo.

Paso 2.6 Determinar el tamaño de la muestra y su frecuencia de control

El espesor del filo se analizó con un tamaño de 4 muestras con una frecuencia de control de 1 cada 4 piezas.

Paso 2.7 Establecimiento del sistema de medición

Acción 1. Determinar un responsable que realice las mediciones

El equipo de trabajo arribó al consenso de designar por su nivel de calificación y experiencia como responsable de realizar las mediciones al técnico de Gestión de la Calidad.

Acción 2. Determinar el método de medición

Se determinó realizar la medición del espesor del filo de la Cuchilla KTP de forma directa.

Acción 3. Determinar el instrumento de medición

Para la medición del espesor del filo se determinó como instrumento de medición la galga.

Paso 2.8 Determinar los registros de control

Como la característica a inspeccionar se mide por variable el equipo determinó emplear el registro de control por variable propuesto.

Etapas 3. Ejecución

Paso 3.1 Recopilación de la información resultante de la inspección

Para el análisis del espesor del filo de la Cuchilla KTP se tomaron 25 muestras de tamaño $n=4$, los datos obtenidos se muestran en tabla del **anexo 12**.

Paso 3.2 Establecimiento de gráficos de control

Para la construcción de los gráficos de control se supone que la variable objeto de la calidad sigue una distribución normal con parámetros μ y σ . Para contrastar la hipótesis de que el valor medio de la característica de calidad es μ , se construye la región de aceptación ($\mu-3\sigma$, $\mu+3\sigma$) tomando como nivel de significación 0,003.

Acción 1. Seleccionar el gráfico de control

El equipo de trabajo determinó analizar el espesor del filo a través del gráfico de control de media y rango.

Acción 2. Calcular los límites de control

Se realiza el cálculo de los límites de control para la media y el rango, se utiliza la tabla que aparece en el **anexo 26** para tomar los valores de los factores A_2 , D_3 y D_4 , en este caso para $n=4$:

A_2	d_2	D_3	D_4
0,729	2,059	0	2,2822

Límites de Control para la media:

$$LC = \bar{X} = 0,157$$

$$LSC = \bar{X} + A_2\bar{R} = 0,157 + 0,729 \times 0,03 = 0,179$$

$$LIC = \bar{X} - A_2\bar{R} = 0,180 - 0,729 \times 0,03 = 0,135$$

Límites de control para el rango:

$$LC = \bar{R} = 0,03$$

$$LSC = D_4 \times \bar{R} = 2,2822 \times 0,03 = 0,068$$

$$LIC = D_3 \times \bar{R} = 0 \times 0,06 = 0$$

Acción 3. Determinar si el proceso está bajo control estadístico o no

A partir de los valores obtenidos se construyen los gráficos para las medias y los rangos del espesor del filo y se analiza su representación gráfica para determinar si está bajo

control.

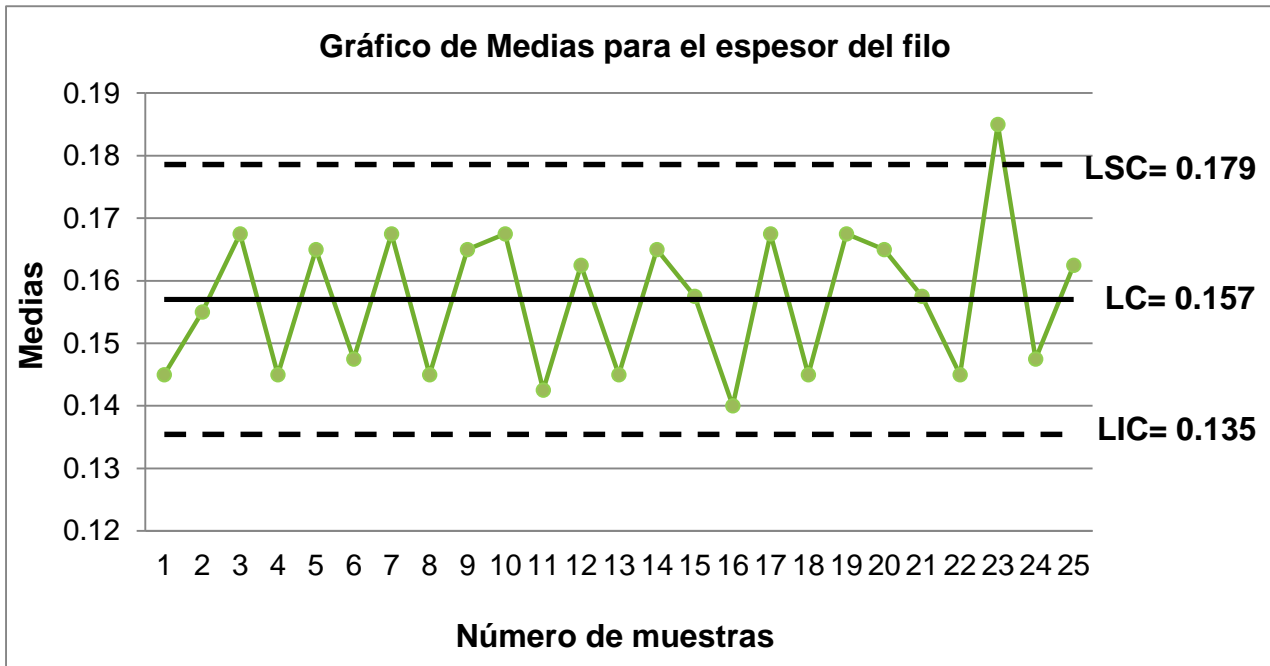


Figura 2.2. Gráfico de Medias para el espesor del filo de la Cuchilla KTP.

El gráfico de medias presenta un punto fuera de los límites de control; el proceso está fuera de control estadístico.

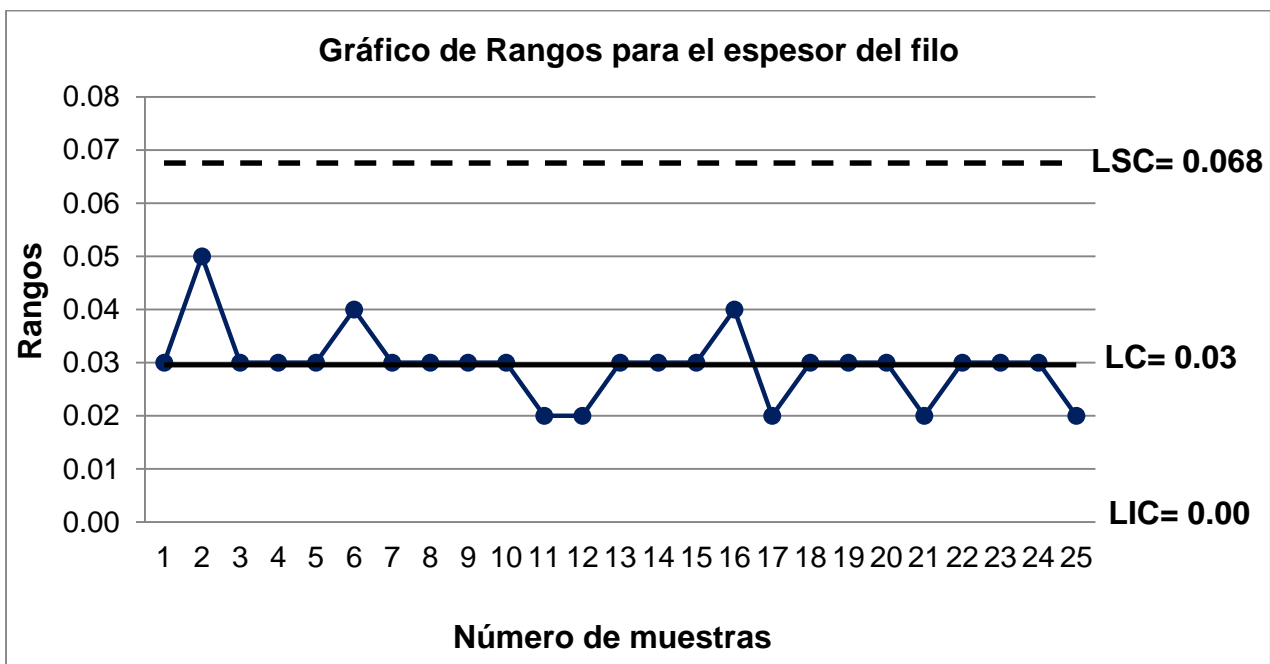


Figura.2.3. Gráfico de Rangos para el espesor del filo de la Cuchilla KTP.



En el gráfico de rangos se observa una tendencia de los puntos que suben y bajan; existe variabilidad en el proceso.

Alternativa 3.2.1 Si existen puntos fuera, analizar las causas y recalculan los límites

El proceso está fuera de control; se analiza la causa asignable que incide en la variación del proceso. Para ello, se realizó el análisis a través del diagrama causa-efecto (**anexo 13**). Se identificó la causa asignable que afecta el proceso; la falta de capacitación del operario induce a que coloque incorrectamente la pieza en el dispositivo. A esta causa se le dio tratamiento, se propuso establecer un plan de capacitación para los operarios habituales y los de nuevo ingreso en el uso de los dispositivos de comprobación.

Luego, se recalculan los límites de control para la media:

$$LC = \bar{\bar{X}} = 0,156$$

$$LSC = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R} = 0,156 + 0,729 \times 0,03 = 0,178$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R} = 0,156 - 0,729 \times 0,03 = 0,134$$

A partir de los límites recalculados se construyen los siguientes gráficos de media y rango:

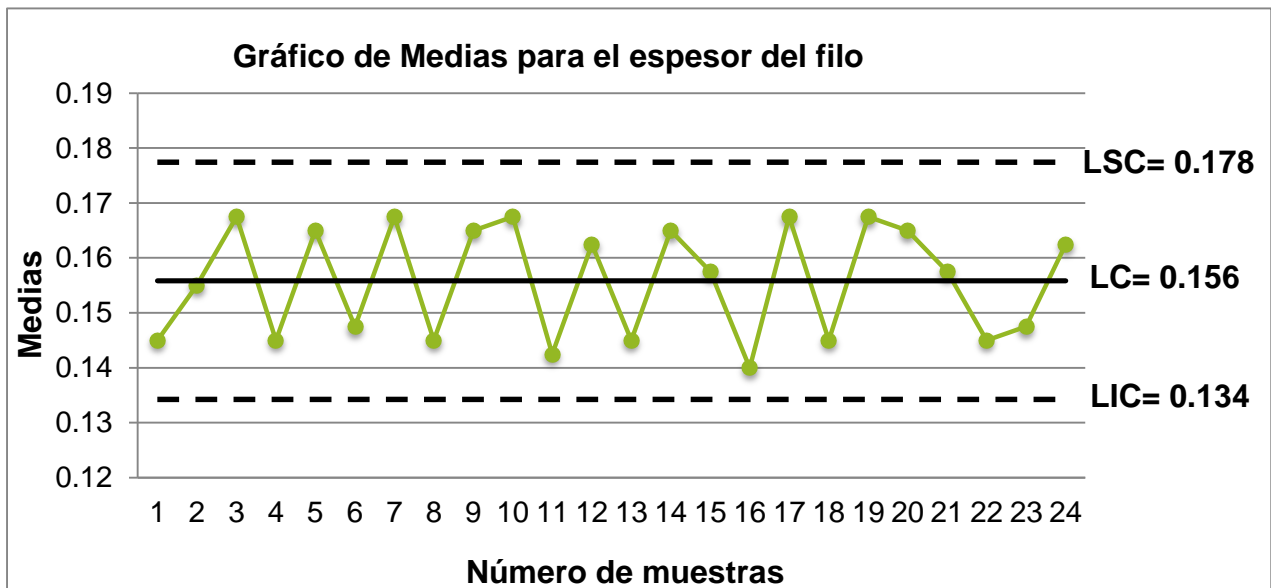


Figura.2.4.Gráfico de Medias ajustado para el espesor del filo de la Cuchilla KTP.



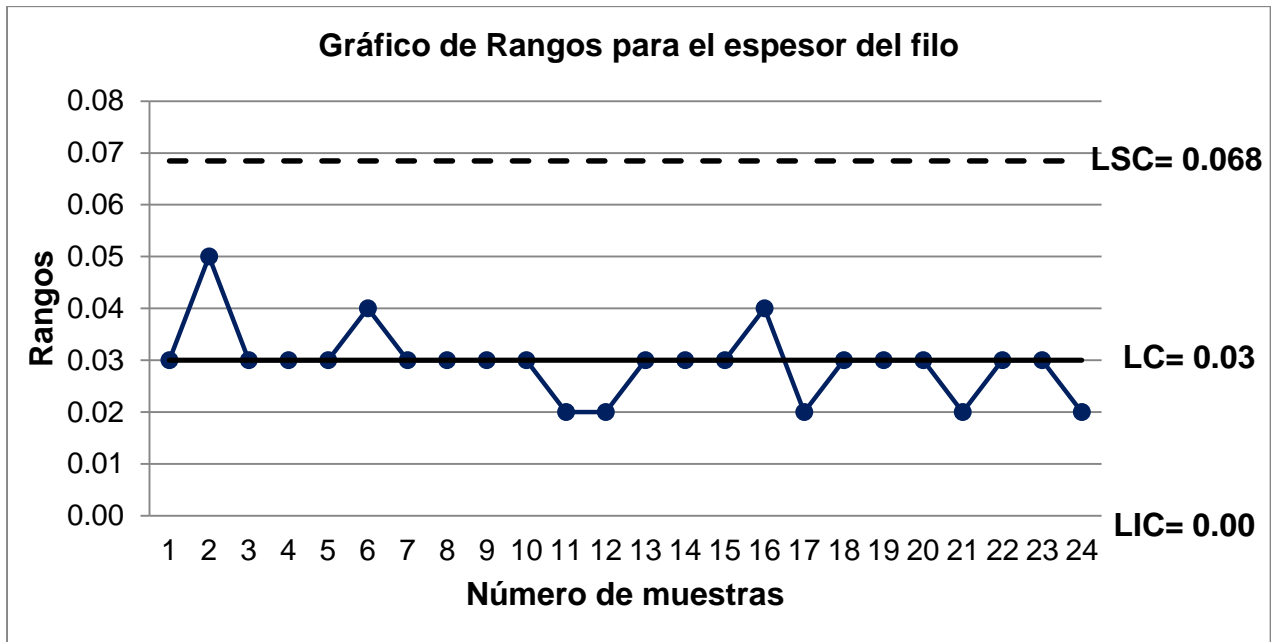


Figura.2.5.Gráfico de Rangos ajustado para el espesor del filo de la Cuchilla KTP.

Alternativa 3.1 Si el proceso está bajo control, continuar con la inspección

Todos los puntos se encuentran entre los límites de control establecidos y no se observen síntomas anormales en el gráfico; el proceso está bajo control, por tanto la inspección continúa.

Paso 3.3 Análisis de capacidad del proceso

Acción 1. Analizar si se satisface la primera condición de aptitud del proceso.

Con el valor de la especificación inferior y superior se establece una comparación con el valor calculado para la tolerancia natural t_n y se analiza si satisface la primera condición de aptitud del proceso.

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{0,03}{2,059} = 0,015$$

$$t_n = 6\hat{\sigma} = 0,09$$

1ra condición de aptitud:

$$T_n \leq L.S.T - L.I.T$$

$$LST = 0,15 + 0,05 = 0,20$$

$$LIT = 0,15 - 0,05 = 0,10$$

$$T_n \leq 0,10 \quad \text{Se satisface la condición}$$



A través de la comparación resulta que $0,09 < 0,10$, se considera que el proceso puede llegar a ser apto, para lo cual es necesario verificar la segunda condición.

Acción 2. Si se satisface la primera condición de aptitud, analizar la segunda

$$LSEA = \bar{X} + 3\hat{\sigma} = 0,156 + 3 \times 0,015 = 0,20$$

$$LIEA = \bar{X} - 3\hat{\sigma} = 0,156 - 3 \times 0,015 = 0,11$$

Interpretación de resultados

$$LSEA = 0,20 \quad LST = 0,20$$

$$LIEA = 0,11 \quad LIT = 0,10$$

Los LSEA y los LST son iguales, esto significa un número moderadamente muy bajo de unidades defectuosas, constituyendo la peor condición para que el proceso sea apto.

Paso 3.4 Establecimiento de los límites de control como normas para el futuro control de las características de calidad

Como el proceso donde se genera la característica de calidad espesor del filo está en control estadístico y además es apto, se pueden establecer los límites de control de media y recorrido como normas para el futuro control de dicha característica de calidad.

Paso 3.5 Diseño y aplicación de acciones correctivas

A partir del análisis realizado se elaboraron un conjunto de acciones correctivas contenidas en el plan de acción que se muestra en el **anexo 32**.

Tapa Chumacera

Paso 2.2 Selección de las características a controlar

El equipo de trabajo para determinar la característica crítica de calidad para la Tapa Chumacera realizó un análisis de las características de calidad, a partir del porcentaje de no conformidades que estas representan con la aplicación del diagrama de Pareto. La característica crítica de calidad para esta pieza resultó ser el diámetro interior (**anexo 14**).

Con el objetivo de determinar cuál es la característica de calidad para esta pieza en relación a su influencia en el costo, se aplicó el método de expertos Kendall, según el criterio de 7 expertos.

Debido al desconocimiento de los costos que generan las características de calidad de esta pieza, se les solicitó a los expertos que a la característica que consideraran tuviera mayor incidencia en el costo, le otorgaran el valor de 4 y la que menos incidiera el valor



de 1, ya que se analizan cuatro características(**anexo 15**).

El criterio de los expertos concuerda, por tanto es confiable. Luego, se calculó el coeficiente de ponderación económica; a partir de la frecuencia de aparición de los defectos por el coeficiente anteriormente calculado, se representó la información obtenida mediante el diagrama de Pareto. La característica que genera mayor costo coincide en ser el diámetro interior (**anexo 16**).

Paso 2.3 Determinar los lugares donde establecer el control

Se confeccionó el diagrama OTIDA del proceso para cada operación que se realiza a la pieza en el taller. A continuación, se describe el proceso de producción de la Tapa Chumacera y los lugares en los que se debe establecer el control.

Descripción del proceso de la Tapa Chumacera

Se cilindra la base tecnológica al diámetro 128mm (base tecnológica para el resto de las operaciones a realizar). En un segundo montaje de la pieza en el torno se realiza el refrentado de la pieza a un espesor de 23mm; posteriormente se cilindra el diámetro exterior a 90mm con sus respectivos biseles y un ancho de 4,5mm. Luego, se mandrina el diámetro interior pasante de 52mm y el diámetro interior de 70mm con sus respectivos biseles a una profundidad de 17mm. Concluidas las operaciones en el torno se realiza el taladrado de los cuatro orificios utilizando un dispositivo para esta operación. Finalmente se realiza el abocardado y queda concluida la pieza que se transporta hacia el taller de tratamiento térmico. (**Anexo 17**)

Paso 2.4 Determinar la forma de inspección

Se determinó para el análisis del diámetro interior la inspección por variable.

Paso 2.5 Determinar el tipo de inspección

El equipo de trabajo determinó realizar la inspección por muestreo.

Paso 2.6 Determinar el tamaño de la muestra y su frecuencia de control

El diámetro interior se analizó con un tamaño de 4 muestras con una frecuencia de control de 1 cada 3 piezas.

Paso 2.7 Establecimiento del sistema de medición

Acción 1. Determinar un responsable que realice las mediciones

El equipo de trabajo arribó al consenso de designar por su nivel de calificación y experiencia como responsable de realizar las mediciones al técnico de Gestión de la Calidad.

Acción 2. Determinar el método de medición

Se determinó realizar la medición del diámetro interior de forma directa.

Acción 3. Determinar el instrumento de medición

Para la medición del diámetro interior se determinó como instrumento de medición un medidor de interior.

Paso 2.8 Determinar los registros de control

Como la característica a inspeccionar se mide por variable el equipo determinó emplear el registro de control por variable propuesto.

Etapas 3. Ejecución

Paso 3.1 Recopilación de la información resultante de la inspección

Para el análisis del diámetro interior se tomaron 25 muestras de tamaño $n=4$, los datos obtenidos se muestran en el **anexo 18**.

Paso 3.1 Establecimiento de gráficos de control

Acción 1. Seleccionar el tipo de gráfico de control

El equipo de trabajo determinó analizar el diámetro interior a través del gráfico de control de media y rango.

Acción 2. Calcular los límites de control

Para el cálculo de los límites de control se utilizan los mismos valores de los factores que se usaron para la Cuchilla KTP ya que se analizó el mismo número de muestras ($k=25$) y tamaño ($n=4$).

Límites de Control para la media:

$$LC = \bar{\bar{X}} = 70,114$$

$$LSC = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R} = 70,114 + 0,729 \times 0,043 = 70,145$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R} = 70,114 - 0,729 \times 0,043 = 70,083$$

Límites de control para el rango:

$$LC = \bar{R} = 0,043$$

$$LSC = D_4 \times \bar{R} = 2,2822 \times 0,043 = 0,098$$

$$LIC = D_3 \times \bar{R} = 0 \times 0,043 = 0$$

Acción 3. Determinar si el proceso está bajo control estadístico o no

A partir de los valores obtenidos se construyen los gráficos de medias y rangos para el diámetro interior. Luego se analiza su representación gráfica para determinar si está bajo control.

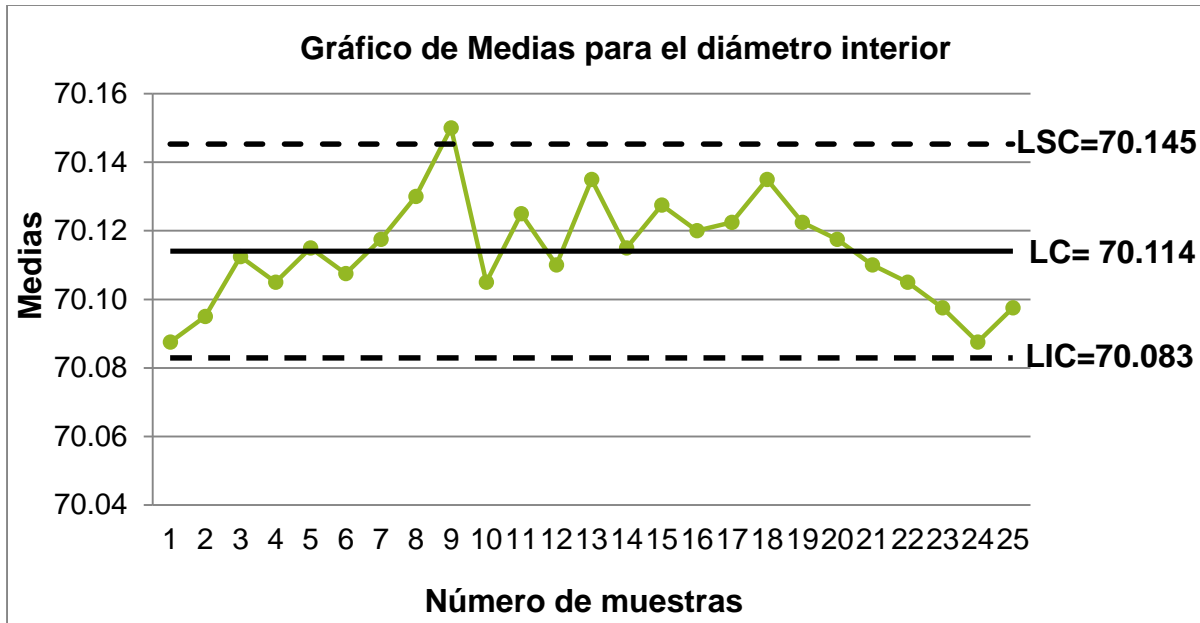


Figura 2.6.Gráfico de Medias para el diámetro interior de la Tapa Chumacera.

En el gráfico de control de la media se puede apreciar que el diámetro interior presenta un punto fuera del límite superior de control y las medias muestrales siguen una tendencia de 9 puntos en orden creciente y a la derecha del gráfico existen otros 8 puntos en orden decreciente por tanto el proceso no está bajo control estadístico. La muestra 9 presenta un comportamiento anormal ya que este punto se va por fuera del límite de control superior, lo que indica que existe presencia de causa asignable de variación.



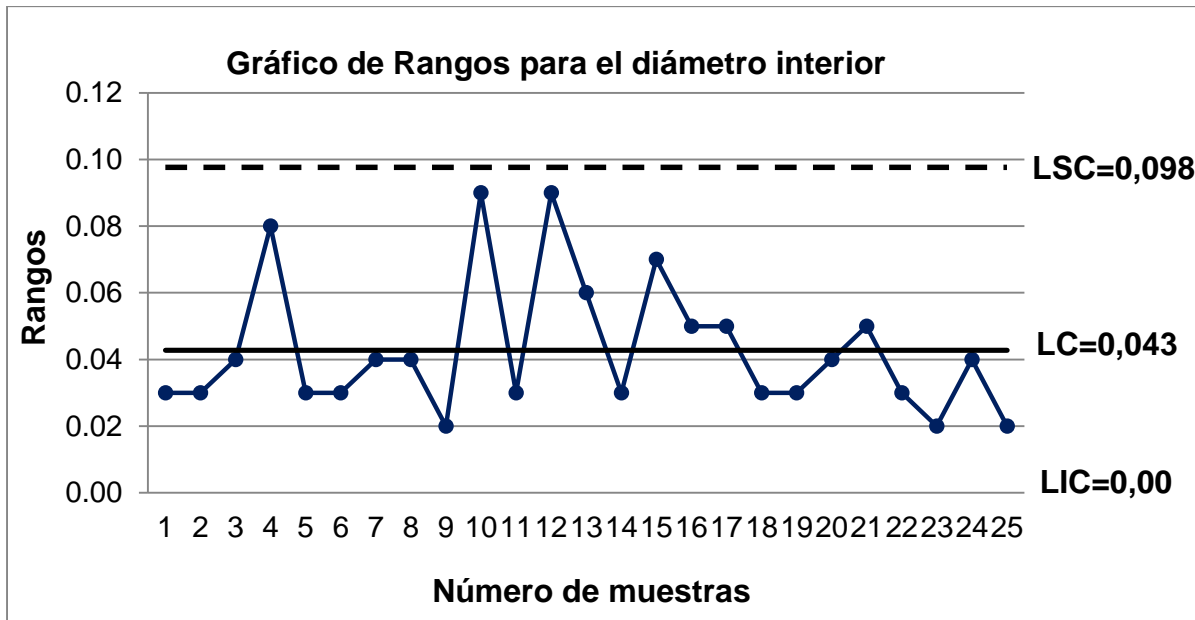


Figura 2.7.Gráfico de Rangos para el diámetro interior de la Tapa Chumacera.

En el gráfico de rangos se aprecia que no existen puntos fuera de los límites, aunque existen dos puntos cercanos al límite superior de control; el proceso es inestable.

Alternativa 3.2.1 Si existen puntos fuera, analizar las causas y recalculamos los límites

Se recalculan los límites de control para la media:

$$LC = \bar{\bar{X}} = 70,113$$

$$LSC = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R} = 70,113 + 0,729 \times 0,044 = 70,144$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R} = 70,113 - 0,729 \times 0,044 = 70,081$$

A partir de los límites recalculados se construyen los siguientes gráficos de media y rango:

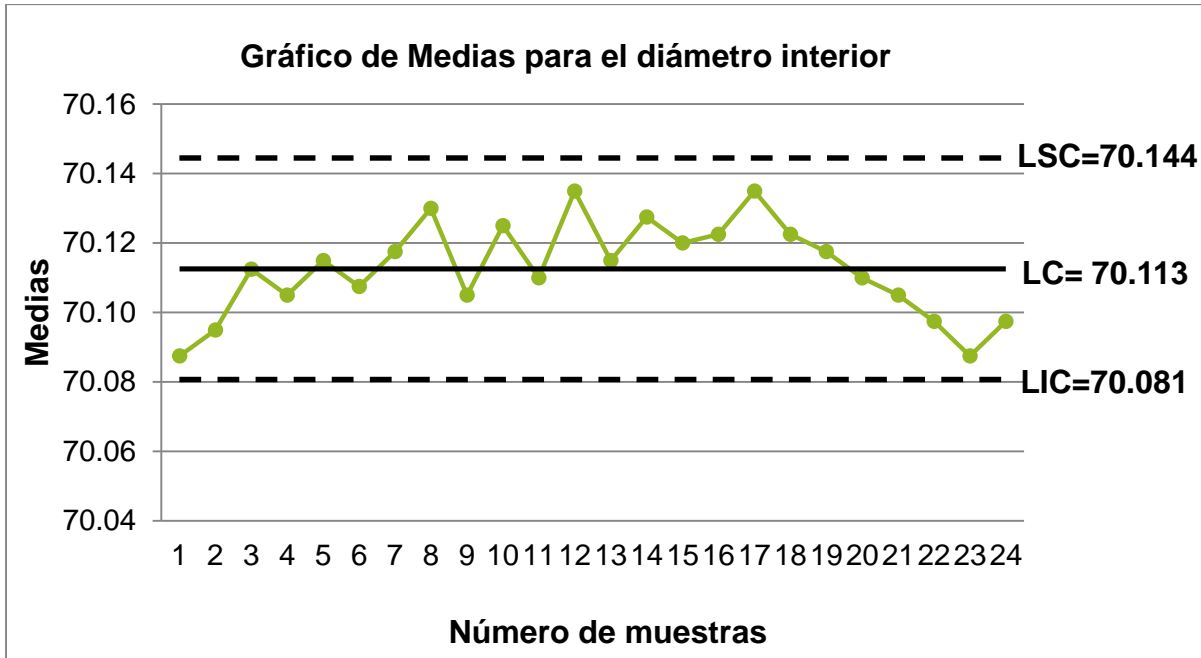


Figura 2.8. Gráfico de Medias ajustado para el diámetro interior de la Tapa Chumacera.

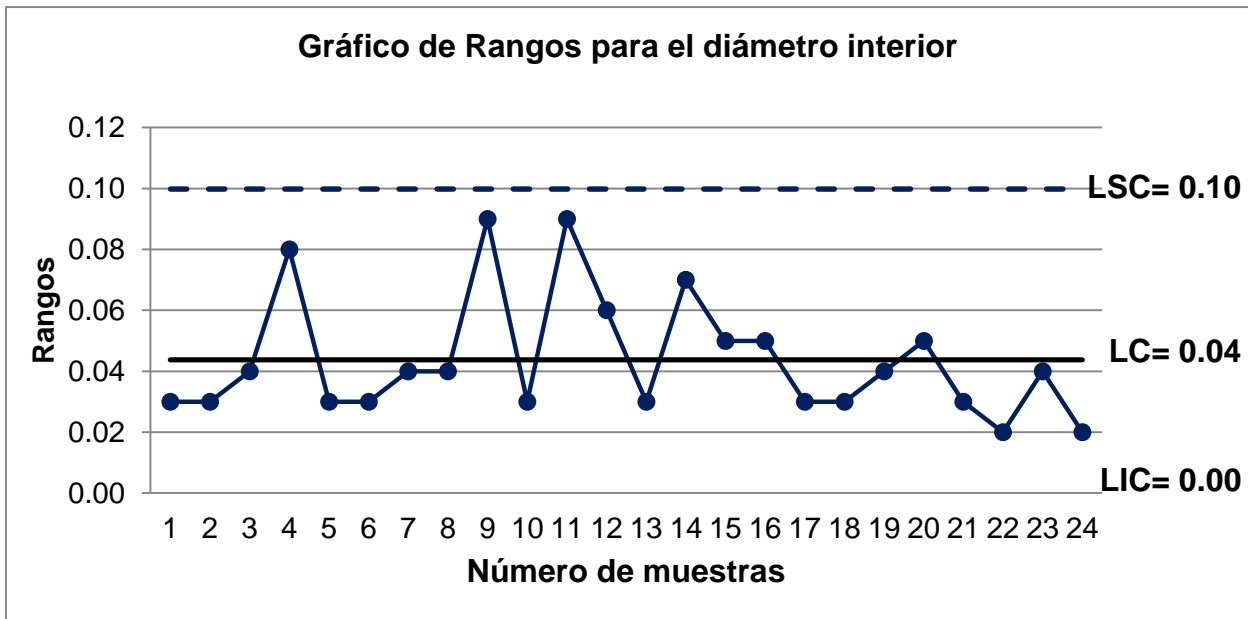


Figura 2.9. Gráfico de Rangos ajustado para el diámetro interior de la Tapa Chumacera.

Alternativa 3.2 Si el proceso no está bajo control, analizar las causas

Los puntos se encuentran entre los límites de control, pero el proceso sigue mostrando una tendencia de los puntos en orden creciente y decreciente, esto indica que sobre el



proceso incide una causa asignable de variación. Se realizó el análisis de las causas a través del diagrama de Ishikawa.

Paso 3.3 Diseño y aplicación de acciones correctivas

El plan de acción confeccionado anteriormente para la Cuchilla KTP es el mismo utilizado para la Tapa Chumacera, esto se debe a que presentan por igual la mayoría de sus causas, con la excepción de considerar otros aspectos que se incluyeron en el mismo. **Ver anexo 32**

2.3 Análisis de criterio de especialistas sobre la pertinencia de la metodología para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso en el taller de Maquinado de la UEB Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio"

Para la valoración de la metodología se emplea la técnica para la búsqueda de consenso, lo que implica una apreciación de criterios con ponderación simple (Zayas, 1990), para obtener consenso de opiniones considerando el voto ponderado de 15 especialistas de la Empresa Mecánica "Héroes del 26 de Julio".

Especialistas que valoraron la metodología	Especialista Principal de Control de la Calidad	Técnico de Producción	Especialista Superior Mecánico (EP)	Especialista B en Gestión de la Calidad	Jefes de brigada	Total
Grupo de especialistas	1	2	3	5	4	15

Al valorar la pertinencia de las etapas en la metodología de control estadístico de la calidad del proceso (**anexo 33**), se consultó a los profesionales con experiencia en el tema abordado, votando de forma directa por sus preferencias, e incluso, aunque estimen que algunos de los indicadores no deben ser seleccionados, pueden dar su voto, es decir, elegir una categoría. La valoración de la metodología diseñada se realizó aplicando dos matrices a los especialistas ya que en una primera ronda se realizaron sugerencias a partir de los siguientes indicadores utilizados para la valoración:

Indicador 1. Coherencia de la estructura de la metodología.



Indicador 2. Suficiencia de las etapas para contribuir al control estadístico de la calidad del proceso en el taller.

Indicador 3. Pertinencia de las acciones asumidas para el control estadístico de la calidad del proceso en el taller.

Para el procesamiento estadístico se utilizó una hoja de cálculo con la matriz de frecuencia y de valores.

Primera ronda.

INDICADORES	Matriz de frecuencias				
	MA	A	PA	I	Total
Coherencia de la estructura de la metodología.	11	4	0	0	15
Suficiencia de las etapas para contribuir al control estadístico de la calidad del proceso en el taller.	8	4	3	0	15
Pertinencia de las acciones asumidas para control estadístico de la calidad del proceso en el taller.	8	5	2	0	15

De los resultados de la primera ronda realizada se pueden resumir lo siguiente:

- Desde la primera presentación se aceptó la metodología por su contenido, aunque se recibieron sugerencias por su estructura.
- Las sugerencias principales formuladas por los especialistas para cada indicador se resumen a continuación:

En el Indicador 1, desde la primera presentación se aceptó la estructura de la metodología al existir consenso en las categorías muy adecuado y adecuado.

En el Indicador 2, desde la primera presentación se aceptó el número de etapas, pasos, acciones y alternativas concebidas. Se sugirió tener en cuenta cómo realizar el control estadístico.

En el Indicador 3, al realizar la primera presentación se sugirió tener en cuenta las acciones necesarias para el establecimiento del sistema de medición.

Estas recomendaciones contribuyeron al perfeccionamiento de la metodología que en la segunda ronda presentada, se evaluó por los especialistas entre las categorías de bastante adecuado y muy adecuado, lo que confirma la idoneidad de su aplicación.



Segunda ronda.

INDICADORES	Matriz de frecuencias				
	MA	A	PA	I	Total
Coherencia de la estructura de la metodología.	13	2	0	0	15
Suficiencia de las etapas para contribuir al control estadístico de la calidad del proceso en el taller.	10	5	0	0	15
Pertinencia de las acciones asumidas para control estadístico de la calidad del proceso en el taller.	13	2	0	0	15

Como se valora, en esta tabla de la segunda consulta las categorías más aceptadas es muy adecuado y adecuado, no sugieren otras recomendaciones, por lo que con la correspondiente modificación, se concluye que hay consenso entre los especialistas en cuanto a la pertinencia de la metodología para el control estadístico de la calidad del proceso. Las categorías poco adecuadas e inadecuadas pierden interés puesto que es igual a cero la votación en todos los casos.

Conclusiones parciales

1. Existen insuficiencias en el control de la calidad en el taller de Maquinado de la UEB Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio", esto se evidencia en el control estadístico aplicado a las características críticas de calidad para la Cuchilla KTP y la Tapa Chumacera.
2. Los resultados obtenidos al consultar el criterio y la valoración de los especialistas con la aplicación de la técnica modelo de valoración de criterios con ponderación simple, permiten a la autora concluir que existe consenso en cuanto a la pertinencia de la metodología para el control estadístico de la calidad del proceso en el taller de Maquinado de la UEB Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio".
3. La metodología diseñada para el control estadístico de la calidad del proceso, facilitará a directivos y técnicos de la Empresa Mecánica la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad de los procesos en los talleres y propiciará la prevención de no conformidades.

CONCLUSIONES

Atendiendo a todo el proceso investigativo realizado, se arriba a las siguientes conclusiones generales:

1. El análisis de las metodologías relacionadas con el control de la calidad de los procesos realizado en el marco teórico de la investigación sirvió de fundamento para el diseño de la metodología propuesta en esta tesis.
2. Se elaboró una metodología para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso que permitió establecer normas para el futuro control de las características de calidad propiciandola disminución de las no conformidades, debido a su carácter esencialmente preventivo.
3. Se aplicó la metodología para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso en el taller de Maquinado de la UEB Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio" en las piezas y características de calidad de mayor cantidad de no conformidades.
4. Se constató la pertinencia de la metodología propuesta mediante el criterio de especialistas.

RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos se pueden emitir las recomendaciones siguientes:

1. Aplicar en otros talleres de la UEB la metodología diseñada para el control estadístico de la calidad del proceso por ser esencialmente de carácter preventivo.
2. Trabajar en el perfeccionamiento de la metodología de acuerdo con las no conformidades que la práctica productiva revele en cada taller de la empresa.
3. Ampliar la investigación en cuanto al control estadístico de la calidad en la UEB Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio" a través de la inclusión de técnicas de muestreo de aceptación por atributo y variable.

BIBLIOGRAFÍA

1. (2019). Recuperado el 21 de Marzo de 2019, de La calidad en los procesos de producción: <https://La calidad en los procesos de producción - Blog Calidad ISO.maff>
2. Alfaro Navarro, J. L. (2005). *Control Estadístico de la Calidad en Procesos Multivariantes Autocorrelacionados. Una aplicación en la industria cuchillera de Albacete*. Tesis Doctoral, Universidad de Castilla-La Mancha, Departamento de Economía y Empresa, Albacete.
3. Almeida Consuegra, Y. (2013). *Establecimiento de un programa de control para el proceso de producción Buje Porta LEED del Taller 25 de la EMI Ernesto Che Guevara*. Trabajo de Diploma, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Facultad de Ingeniería Industrial y Turismo. Departamento de Ingeniería Industrial.
4. Bao, J., & Lee, P. *Process Control. The Passive Systems Approach*. Springer-Verlag London Limited 2007.
5. Busutil Sosa, Y. (2006). *Ingeniería de la Calidad para las Producciones Biofarmacéuticas Comerciales del CIM*. Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Calidad Total, Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echavarría" CUJAE.
6. Campos Robles, E. (1995). *Control Estadístico de Calidad. Una recopilación de técnicas aplicables a la supervisión en los procesos de producción*. Trabajo como requisito para la especialidad en Matemática Estadística, Universidad Veracruzana, Facultad de Estadística e Informática, Xalapa.
7. Capote Suárez, Y. (2009). *"Evaluación de la Estabilidad y el Control Estadístico en los Procesos de la Cadena de Suministros de los Almacenes de Medicamentos Villa Clara"*. Trabajo de Diploma, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Facultad de Ingeniería Industrial y Turismo. Departamento de Ingeniería Industrial.
8. Colectivo de Autores (1991). *Normalización, Metrología y Control de la Calidad para la Industria Ligera. Segunda Parte*. La Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación.
9. Colectivo de Autores (1991). *Normalización, Metrología y Control de la Calidad para la Industria Ligera. Tercera Parte*. La Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación.
10. Corona Martínez, R. (2014). Análisis y Control de Procesos: Herramientas y Procedimientos. En U. C. Villas (Ed.), *Ingeniería de Procesos III*, No. 5.
11. Dionisio Reyes, Y. J. (2014). *"Control Estadístico de la Calidad Aplicado al Programa de Extensión Social de ESSALUD, Caso: Préstamos Bancarios a sus Trabajadores Período 2006-2009"*. Tesis para optar por el Título Profesional de Licenciado en Estadística, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Matemáticas, Lima, Perú.
12. Echemendia Gómez, J. (2016). *Contribución al análisis multivariado de la Calidad en el control estadístico de los procesos de construcción civil. Aplicación a la brigada cuentapropista "Construcciones El Progreso"*. Trabajo de Diploma para optar por el

grado académico de Ingeniero Industrial, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial. Departamento de Ingeniería Industrial.

13. Espinosa Pena, N., Gómez Beltrán, J. R., Martínez Llebréz, V., & Rodríguez Insua, A. *Dirección de la Calidad*. La Habana, Cuba: Editorial ISPJAE.

14. Espinoza Aguilar, C. A. (2014). *"Aplicación de un Programa sobre Control de Calidad para un Grupo de Trabajadores de Planta de una Fábrica de Alimentos"*. Tesis de Grado, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Humanidades, Guatemala de La Asunción.

15. Fernández Hatre, A. *Técnicas básicas de calidad*. (C. p. Asturias, Ed.)

16. Fernández Rico, J. E., & Álvarez Suárez, A. (2011). *Ingeniería de Calidad*. Asturias: Centro para la Calidad en Asturias.

17. Ferrari, S. (2007). *Propuesta de una metodología para el control de la calidad en una empresa de software*.

18. Ferrás León, R. (1979). *Metodología para la enseñanza práctica de la tornería*. Editorial Pueblo y Educación.

19. *Gestión de Operaciones*. (s.f.). Recuperado el 22 de Marzo de 2019, de <https://www.gestiondeoperaciones.net>

20. Guerra Breña, R. M., & Meizoso Valdés, M. d. (2012). *Gestión de la Calidad. Conceptos, modelos y herramientas*. La Habana, Cuba: Editorial UH.

21. Gutiérrez Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2007). *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma. Volumen 2*. La Habana: Editorial Félix Varela.

22. Hernández Pedrera, C., & Da Silva Portofilipe, F. (2015). Aplicación del control estadístico de procesos (CEP) en el control de su calidad. *ARTICULO ORIGINAL* , 13.

23. Leyva Valdez, A. S. (2009). *Adaptación y aplicación de un procedimiento para el control y mejora de la satisfacción de los clientes en la Empresa Desmote y Construcción Holguín*. Tesis presentada en opción al título académico de Master en Ingeniería Industrial, Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya".

24. Lineamientos de la Política Económica y Social del 7mo. Congreso del Partido. (2017).

25. *Manual del Ajustador* (Segunda Edición ed.). (V. Llanos Mas, Trad.) Moscú: Editorial MIR.

26. M. Juran, J., & Blanton Godfrey, A. (1999). *JURAN'S QUALITY HANDBOOK* (Fifth Edition ed.). McGraw-Hill.

27. Machado Osés, C., González Suárez, E., & Lutz Wisweh, H. (2005). Aplicación conjunta del control estadístico de procesos,* la ingeniería de control** y la incertidumbre de las mediciones en la regulación óptima de procesos químicos y mecánicos. *Centro Azúcar* , 32 (3), 92-96.

28. Martínez Vigil, M., & Hernández Corral, C. *Métodos de Análisis*.

29. Mendoza Ramírez, M. *Pronósticos y Estadística para la Administración*. (M. Departamento de Estadística y Centro de Estadística Aplicada ITAM, Ed.) México.

30. NC ISO 9000: 2015. Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario. (s.f.). *Cuarta edición*. Suiza.
31. Nebrera Herrera, J. (s.f.). *Curso de Calidad por Internet - CCI*. Obtenido de <http://junior.us.es/jnebrera/index.html>
32. Normalización, C. N. (1989). *Selección de Temas. Curso de Aseguramiento de la Calidad. 2*.
33. Olcina Domenech, I. (2017). *Estandarización de hojas de control de calidad con Excel*. Tesis para optar por el grado de Ingeniería Informática, Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Ingeniería Informática.
34. Ortíz Barrios, M. A., & Felizzola Jiménez, H. A. (2014). Metodología miceps para control estadístico de procesos: caso aplicado al proceso de producción de vidrio templado. *Vol. 12* (No. 2), 73-81.
35. Palacios López, M., & Gisbert Soler, V. (2018). *Control Estadístico de la Calidad: Una aplicación práctica*. Alicante, España: Editorial Área de Innovación y Desarrollo, S.L.
36. Prat Bartés, A., Tort-Martorell Llabrés, X., Grima Cintas, P. (1998). *Control y mejora de la calidad*. Ediciones UPC, 1998.
37. Quevauviller, P. *Quality Assurance in Environmental Monitoring*. Federal Republic of Germany. 1995: European Commission.
38. R. Evans, J., & M. Lindsay, W. (2000). *La Administración y el Control de la Calidad* (Cuarta Edición ed.). (S. A. International Thomson Editores, Ed.)
39. Rafael Acevedo, J. P. (2005). *Diseño de un Sistema de Control de Calidad para la especie de madera de pino, en el aserradero "San Jorge", en el Departamento de Jalapa*. Trabajo de Graduación, Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, Guatemala.
40. Ramírez Méndez, E. (2011). *Control Estadístico de Procesos por atributos: Caso ZF Sachs*. Tesis para obtener el Grado Académico de Doctor en Ciencia y Tecnología, Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, S. A. de C. V., Saltillo, Coahuila.
41. Ramos Lage, Y. (2012). *"Análisis del sistema de control de la calidad en la producción de FitoMas"*. Trabajo de Diploma para optar por el título académico de Ingeniero Industrial, Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echavarría" CUJAE, La Habana.
42. Ruiz-Falcó, R. A. (Marzo 2006). Control Estadístico de Procesos. *Control Estadístico de Procesos (Apuntes)*. Madrid.
43. Sánchez, I. Métodos Estadísticos para la Mejora de LA Calidad. *Control de procesos por atributos*. Madrid, España.
44. Santana Tamayo, I. (2017). *Metodología para el control y mejora de la calidad en el sector no estatal de la transformación del plástico en el municipio Holguín*. Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Industrial, Universidad de Holguín. Sede: Oscar Lucero Moya, Departamento de Ingeniería Industrial, Holguín.
45. Santos Fernández, E. (2013). *Contribución al Control Estadístico de Procesos Multivariado usando R*. Tesis en opción al título académico de Máster en Ingeniería

Industrial. Mención Calidad, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Facultad de Ingeniería Industrial y Turismo.

46. T. Allen, T. *Introduction to Engineering Statistics and Six Sigma. Statistical Quality Control and Design of Experiments and Systems*. Germany: Springer-Verlag London Limited 2006.

47. Timings, R. (2004). *Basic Manufacturing* (Third Edition ed.).

48. Villar-Ledo, L., & Ledo-Ferrer, M. C. (mayo-agosto de 2016). *Aplicación de herramientas estadísticas para el análisis de indicadores*.

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Mapa de Procesos.

Anexo 2. Organigrama de la Empresa Mecánica "Héroes del 26 de Julio".

Anexo 3. Organigramade laUEB Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio".

Anexo 4. Comparación entre los talleres de la UEB Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio"en cuanto al % de conformidades.

Anexo 5.Composición de la fuerza de trabajo del taller de Maquinado de la UEB Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio".

Anexo 6. Representación del % de no conformidades de los productos en el taller de Maquinado.

Anexo 7. Especificaciones técnicas de los productos.

Anexo 8.Representación del % de no conformidades de las características de calidad de la Cuchilla KTP.

Anexo 9. Determinación de la característica de calidad que tiene mayor incidencia en el costo para la Cuchilla KTP.

Anexo 10. Representación de la frecuencia de aparición de defectos x el coeficiente de ponderación económica para la Cuchilla KTP.

Anexo 11. Diagrama OTIDA de la Cuchilla KTP.

Anexo 12. Muestras del espesor del filo de la Cuchilla KTP.

Anexo 13. Diagrama causa-efecto para el proceso de fabricación de la Cuchilla KTP.

Anexo 14.Representación del % de no conformidades de las características de calidad de la Tapa Chumacera.

Anexo 15. Determinación de la característica de calidad que tiene mayor incidencia en el costo para la Tapa Chumacera.

Anexo 16.Representación de la frecuencia de aparición de defectos x el coeficiente de ponderación económica para la Tapa Chumacera.

Anexo 17.Diagrama OTIDAdela Tapa Chumacera.

Anexo 18.Muestras del diámetro interior de la Tapa Chumacera.

Anexo 19. Diagrama causa-efecto para el proceso de fabricación la Tapa Chumacera.

Anexo 20. Formas de Inspección.

Anexo 21. Instrumentos de Medición.

Anexo 22. Programa de control.

Anexo 23. Registro de Control de la Empresa.

Anexo 24. Elementos para la selección de una carta de control por variables.

Anexo 25. Elementos para la selección de una carta de control por atributos.

Anexo 26.Tabla de Factores para la construcción de las cartas de control.

Anexo 27. Diagramas de flujo con procesos que denotan situaciones anormales en el comportamiento de las muestras.

Anexo 28.Tabla Valores del C_p y su interpretación.

Anexo 29.Tabla Índices C_p , C_{pi} y C_{ps} , en términos de la cantidad de piezas malas (corto plazo); bajo normalidad y proceso centrado en el caso de doble especificación.

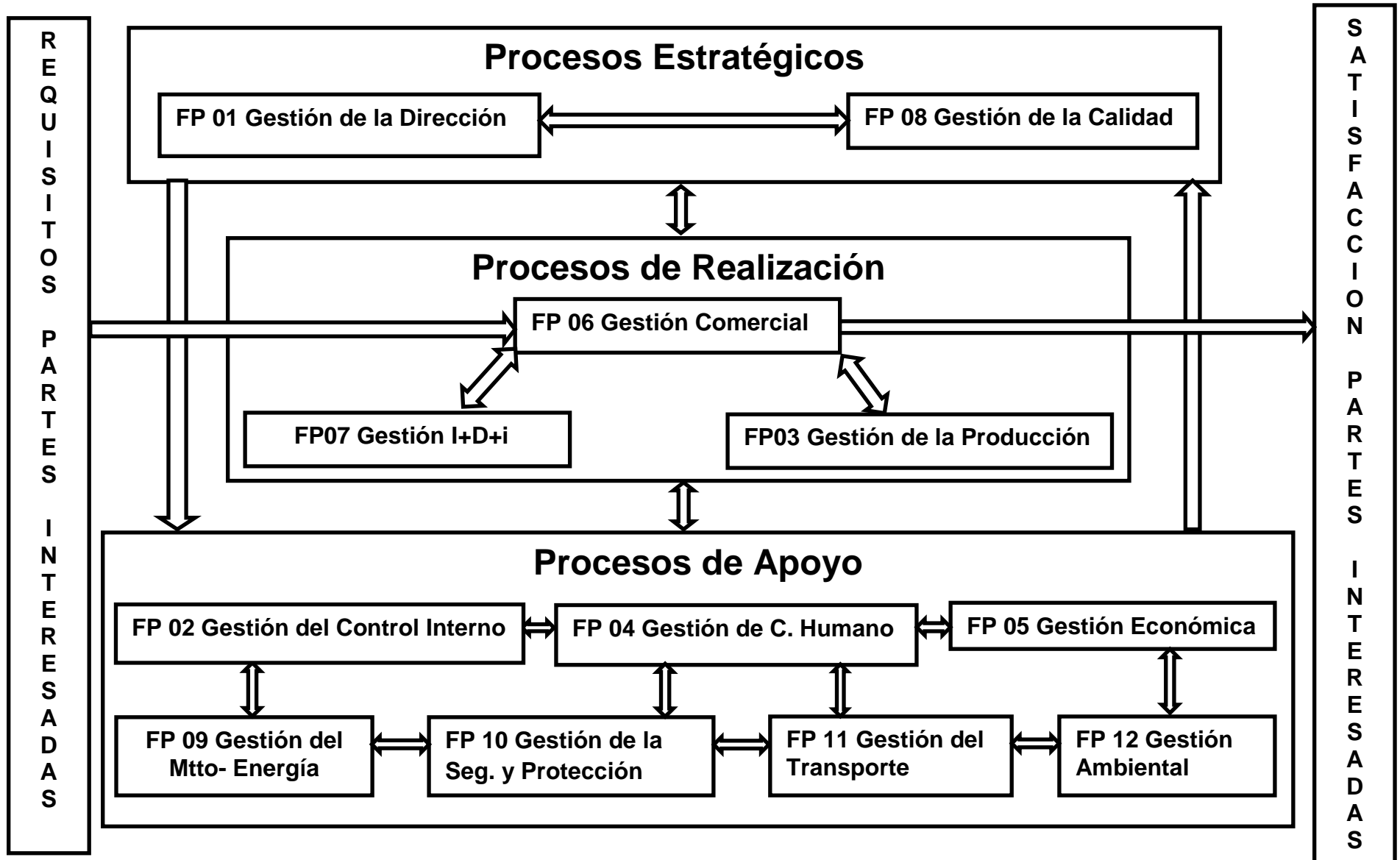
Anexo 30.Estados de capacidad de un proceso.

Anexo 31. Entrevista aplicada a directivos y técnicos del taller de Maquinado.

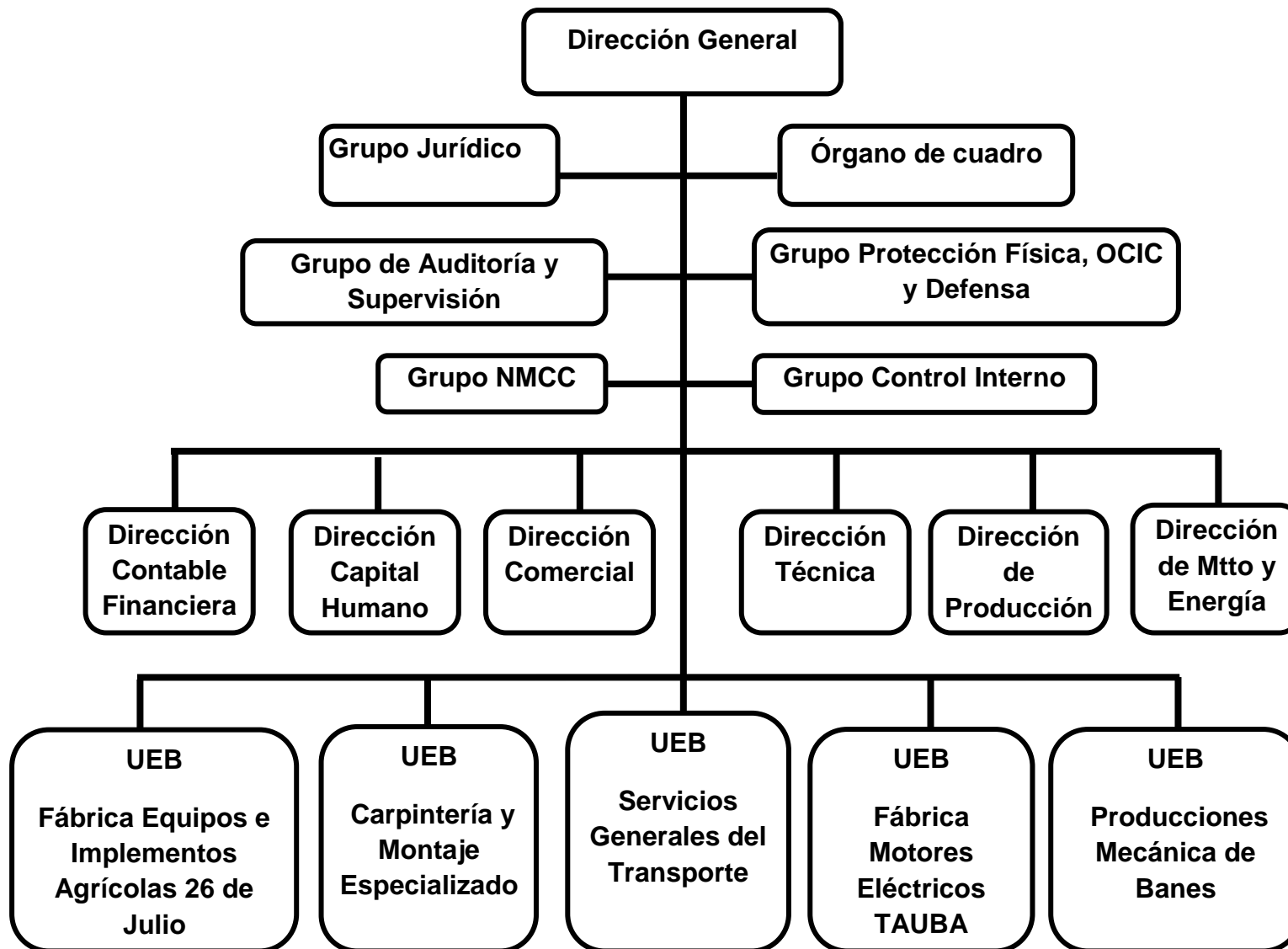
Anexo 32. Plan de Acción.

Anexo 33. Encuesta aplicada a especialistas para la búsqueda de consenso sobre la pertinencia de la metodología para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso.

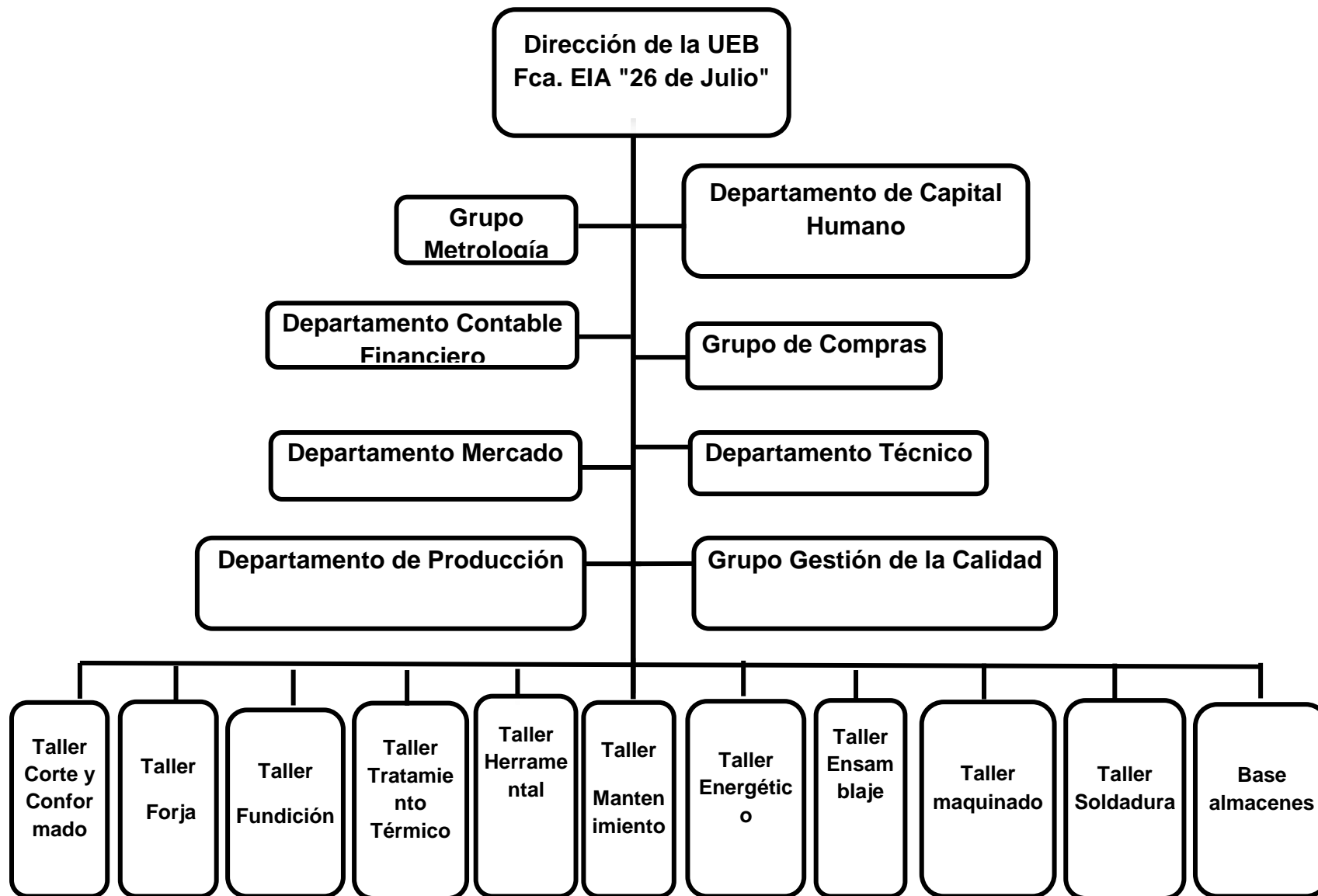
Anexo 1. Mapa de Procesos.



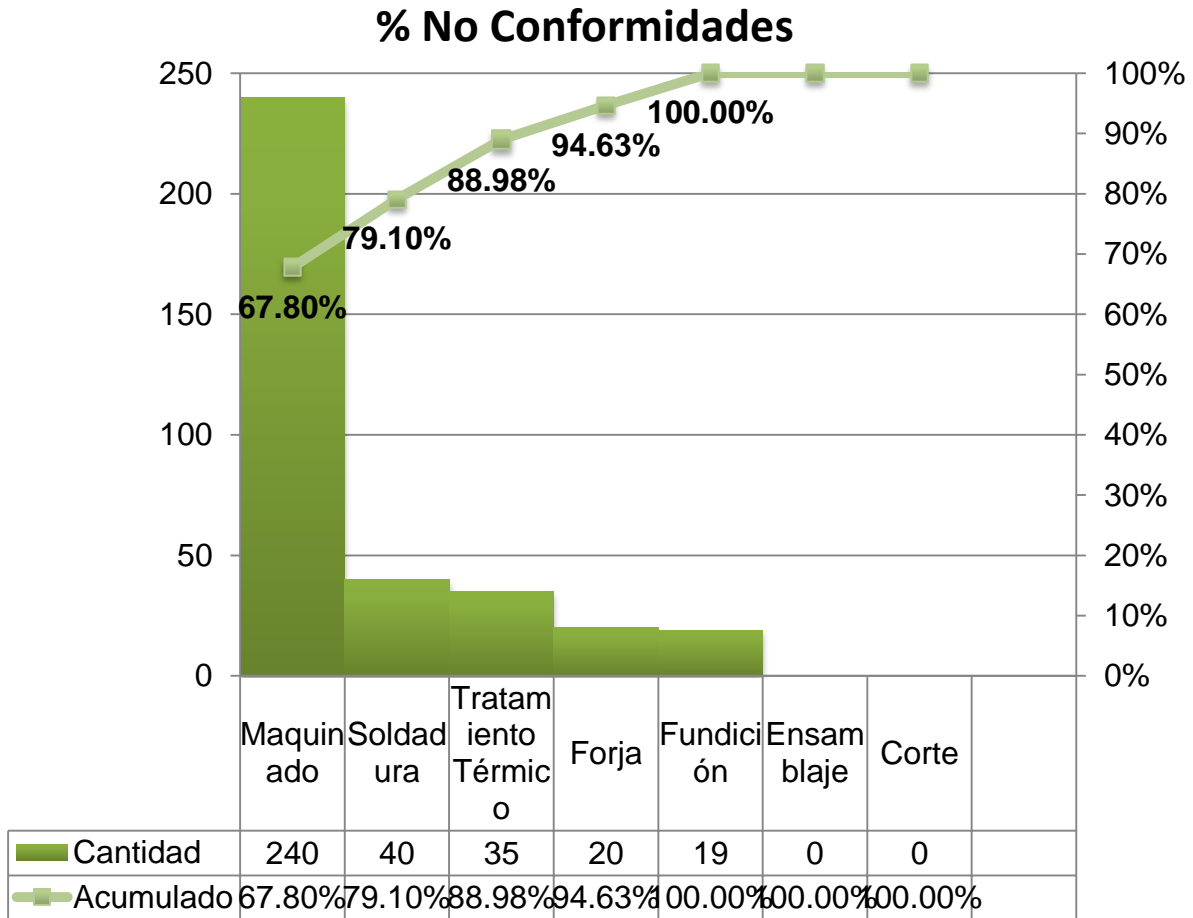
Anexo 2. Organigrama de la Empresa Mecánica "Héroes del 26 de Julio".



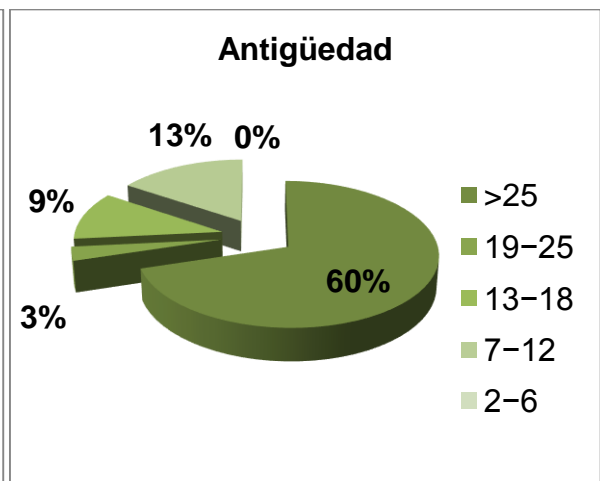
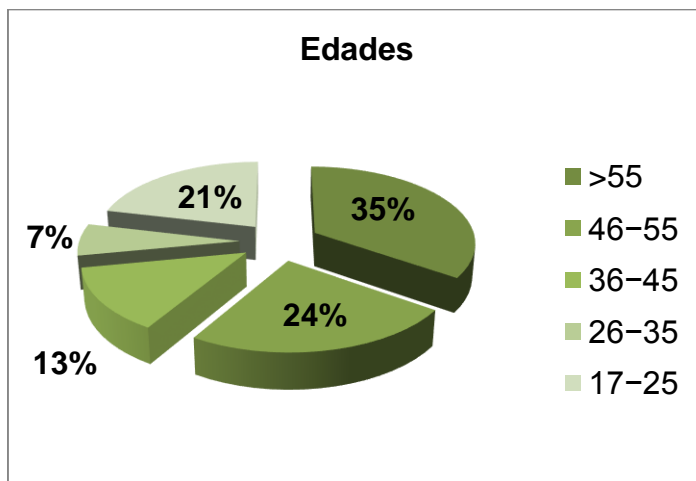
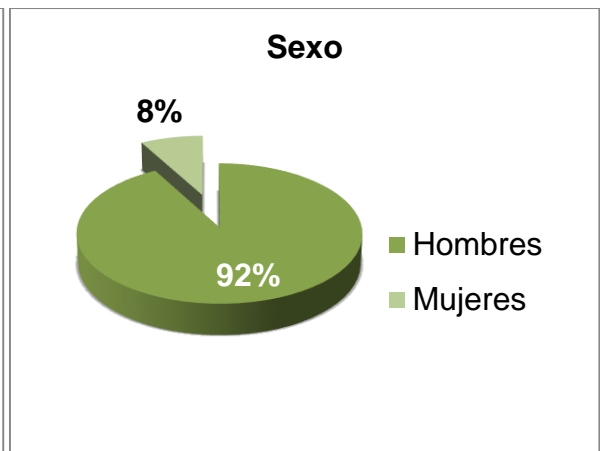
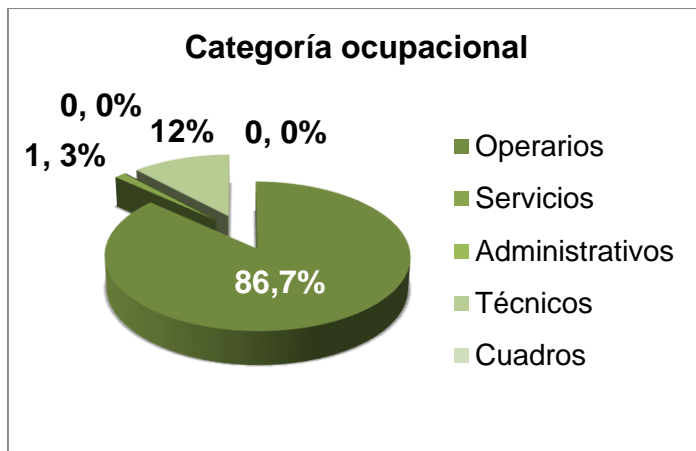
Anexo 3. Organigrama de la UEB Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio".



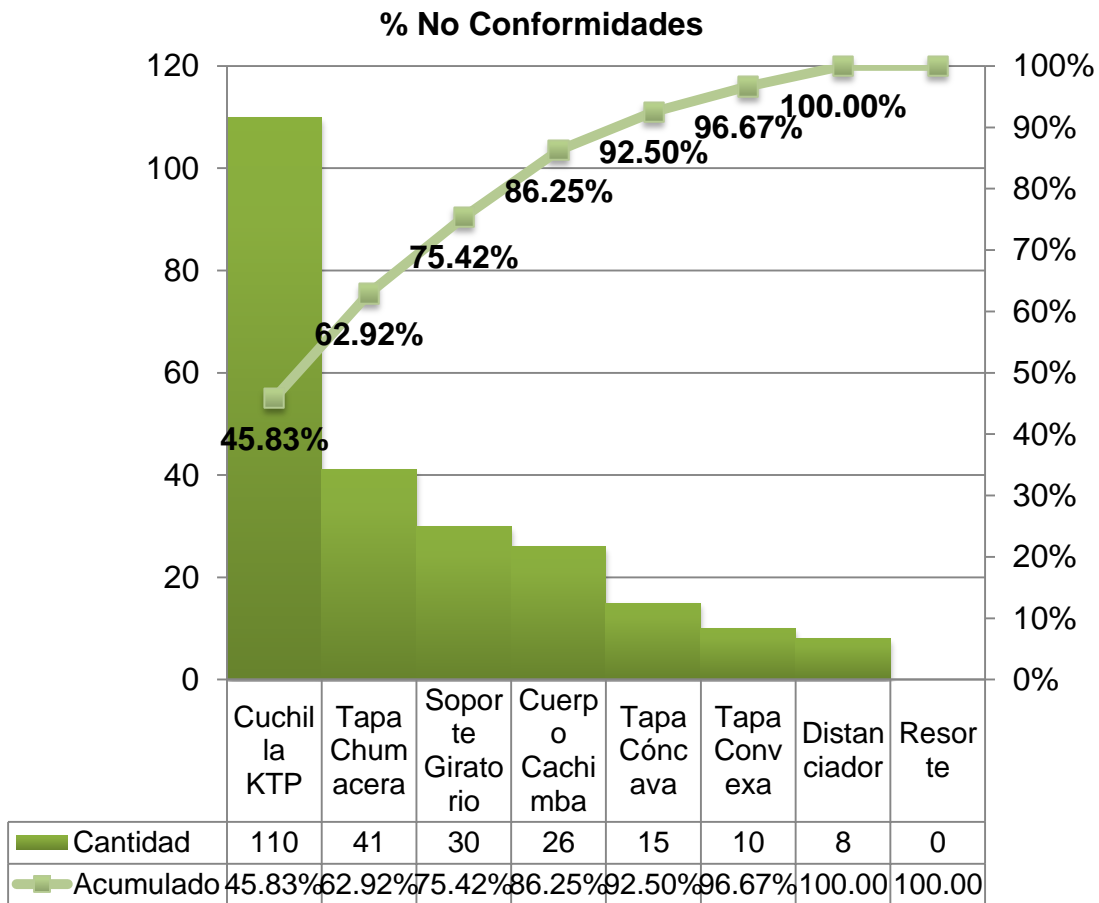
Anexo 4. Comparación entre los talleres de la UEB Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio" en cuanto al % de no conformidades.



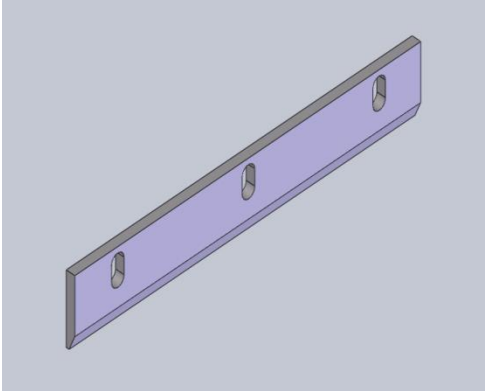
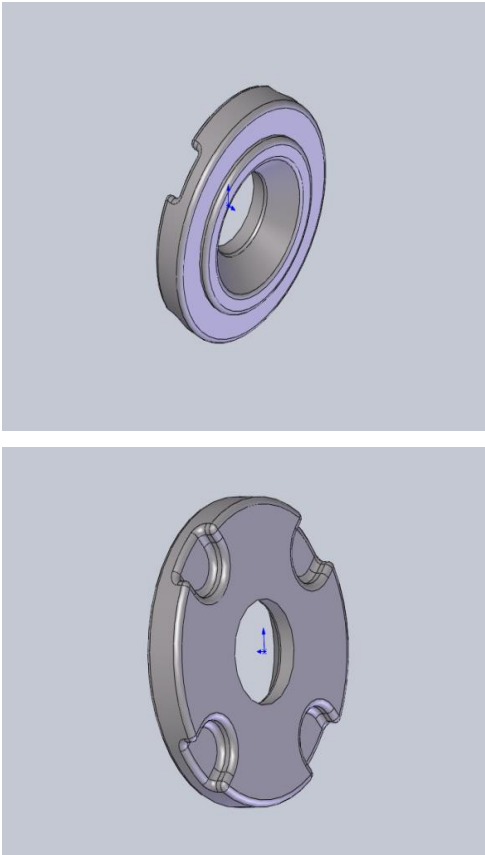
Anexo 5. Composición de la fuerza de trabajo del taller de Maquinado de la UEB
 Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio".



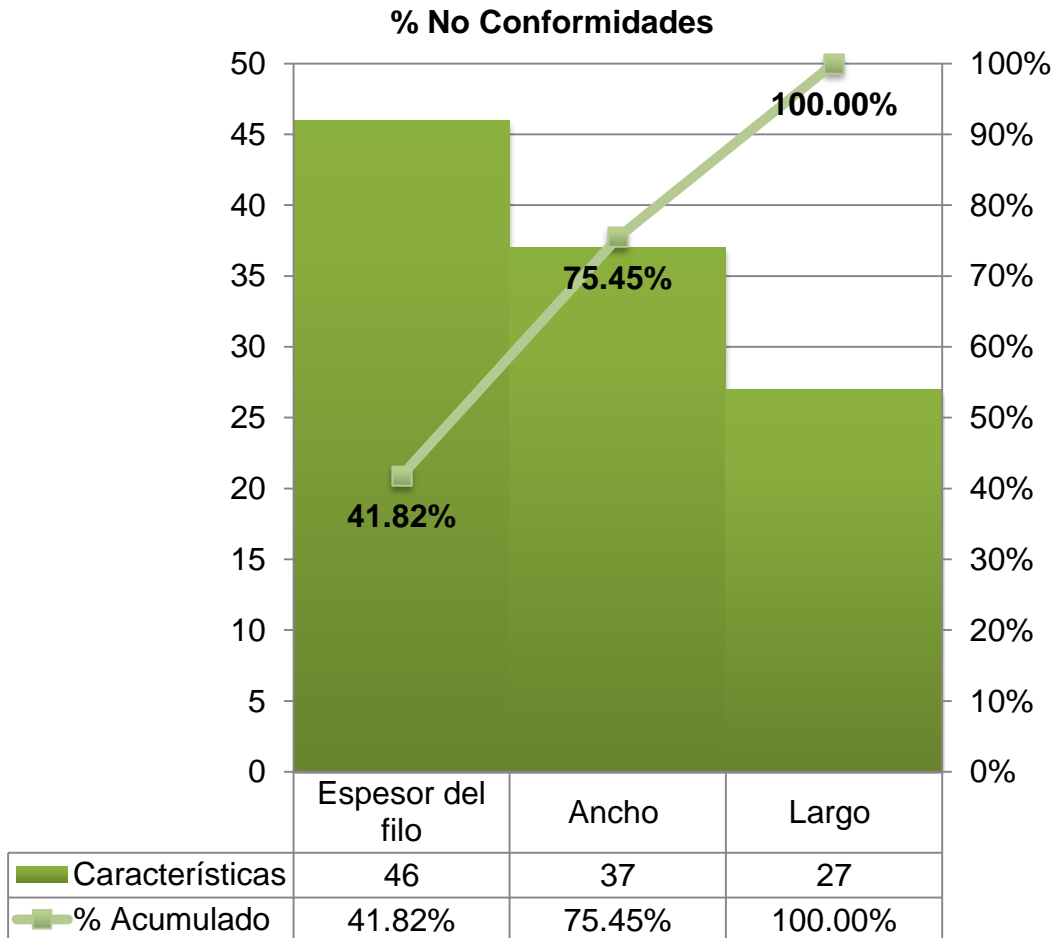
Anexo 6. Representación del % de no conformidades de los productos en el taller de Maquinado.



Anexo 7. Especificaciones técnicas de los productos.

Producto	Especificaciones Técnicas
<p>KTP 1 03439-Cuchilla Picador KTP</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Largo $485^{\pm 1}$ mm ➤ Ancho 80 mm ➤ Ángulo de filo 25° ➤ Espesor del filo $15^{\pm 0,05}$ mm ➤ Espesor $12^{-0,5}$ mm
<p>IF 162202010003 -Tapa Chumacera</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Diámetro de acople $90_{-0,34}^{-0,12}$ mm ➤ Diámetro interior $70^{+0,12}$ mm ➤ Diámetro de los agujeros $11^{+0,27}$ mm ➤ Diámetro exterior 128mm ➤ Diámetro entre agujeros 109mm ➤ Espesor 23mm ➤ Diámetro de agujero central $52^{-0,5}$ mm

Anexo 8. Representación del % de no conformidades de las características de calidad de la Cuchilla KTP.



Anexo 9. Determinación de la característica de calidad que tiene mayor incidencia en el costo para la Cuchilla KTP.

A. Pesos de las características de la Cuchilla KTP

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	ΣA_{ij}	T	Δi	(Δi^2)	k
Ancho de la cuchilla	1	2	2	1	2	1	2	11	21	-10	100	0,1048
Largo de la cuchilla	2	1	1	2	1	2	1	10	21	-11	121	0,0952
Espesor del filo	4	4	3	3	4	3	3	24	21	3	9	0,2286
Flecha	3	3	5	5	3	4	5	28	21	7	49	0,2667
Dureza	5	5	4	4	5	5	4	32	21	11	121	0,3048
$\Sigma \Sigma A_{ij} = 105$											400	1,0000

$$T = \frac{\Sigma \Sigma A_{ij}}{k} = \frac{107}{5} = 21$$

$$\Delta i = \Sigma A_{ij} - T$$

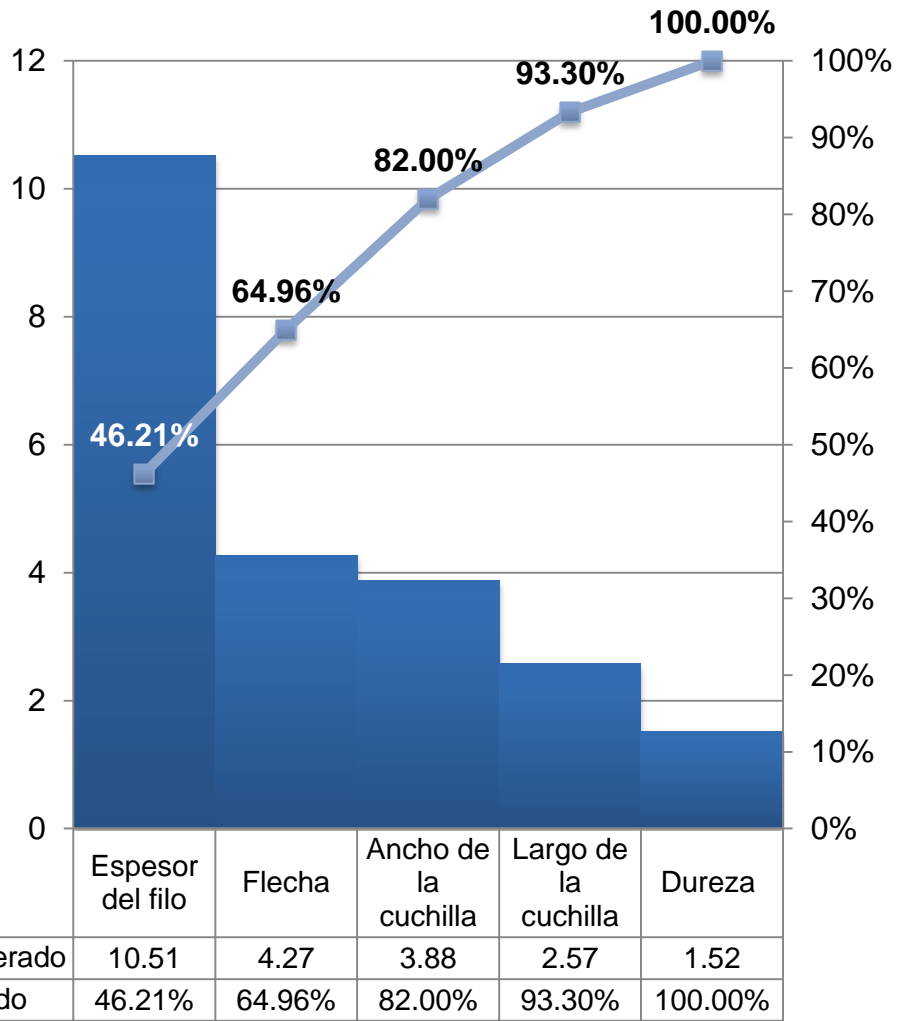
Luego se determina el coeficiente de concordancia a través de la siguiente expresión:

$$W = \frac{12 \Sigma_{i=1}^m \Delta i^2}{m^2(K^3 - k)} = \frac{12 \times 400}{7^2(5^3 - 5)} = 0,82$$

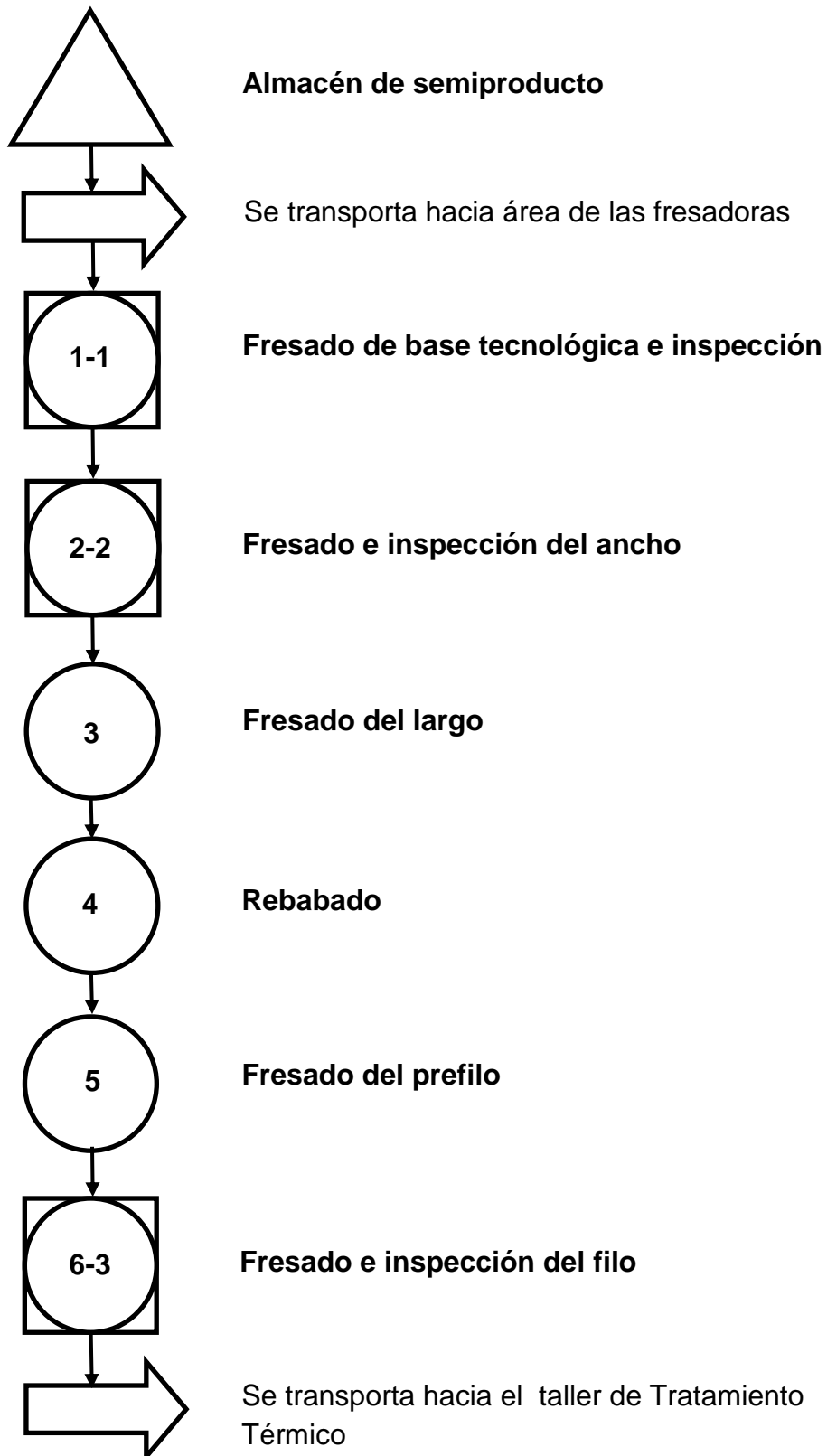
Como $W \geq 0,5$ el criterio de los expertos concuerda y es confiable.



Anexo 10. Representación de la frecuencia de aparición de defectos x el coeficiente de ponderación económica para la Cuchilla KTP.



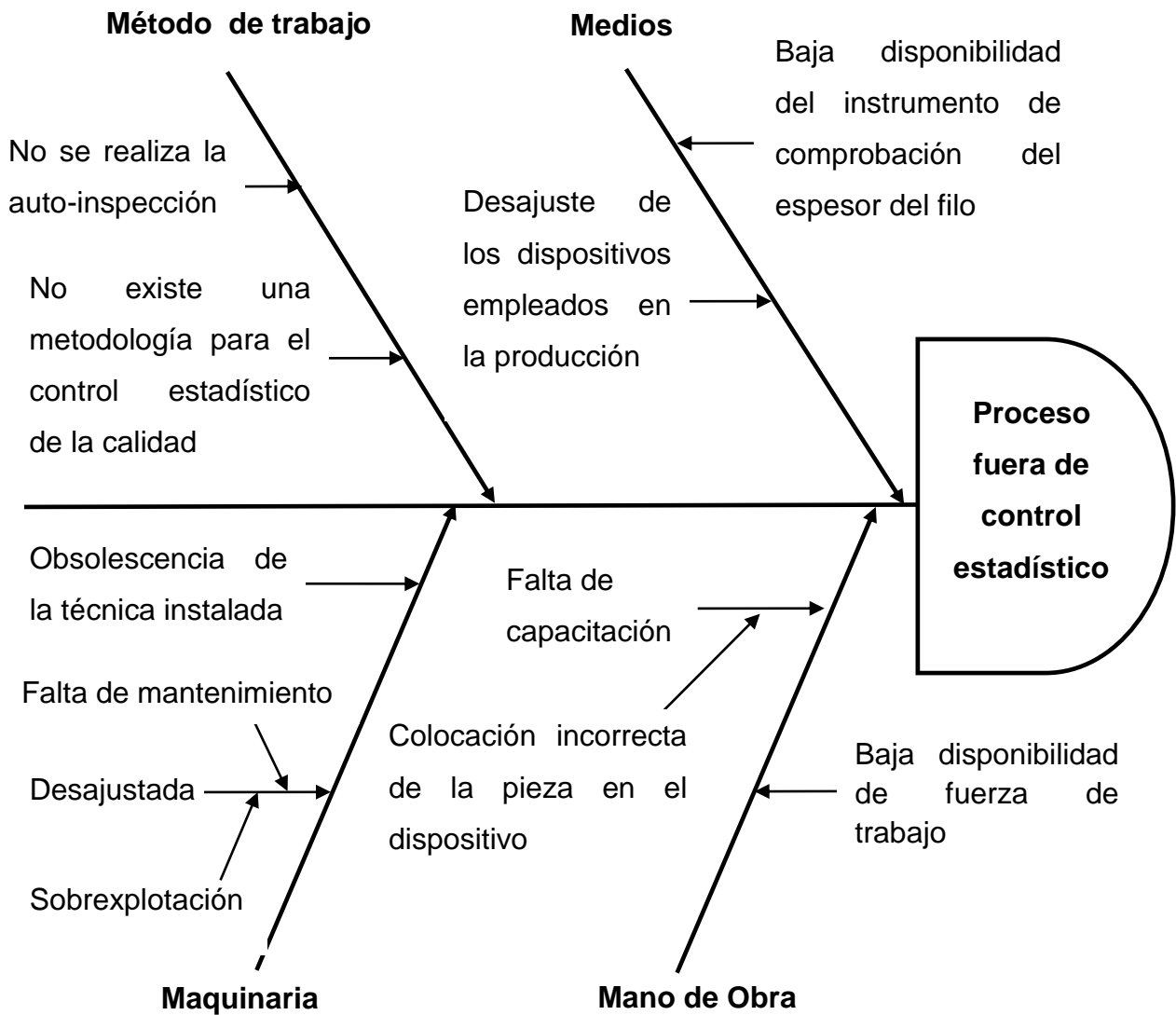
Anexo 11. Diagrama OTIDA de la Cuchilla KTP.



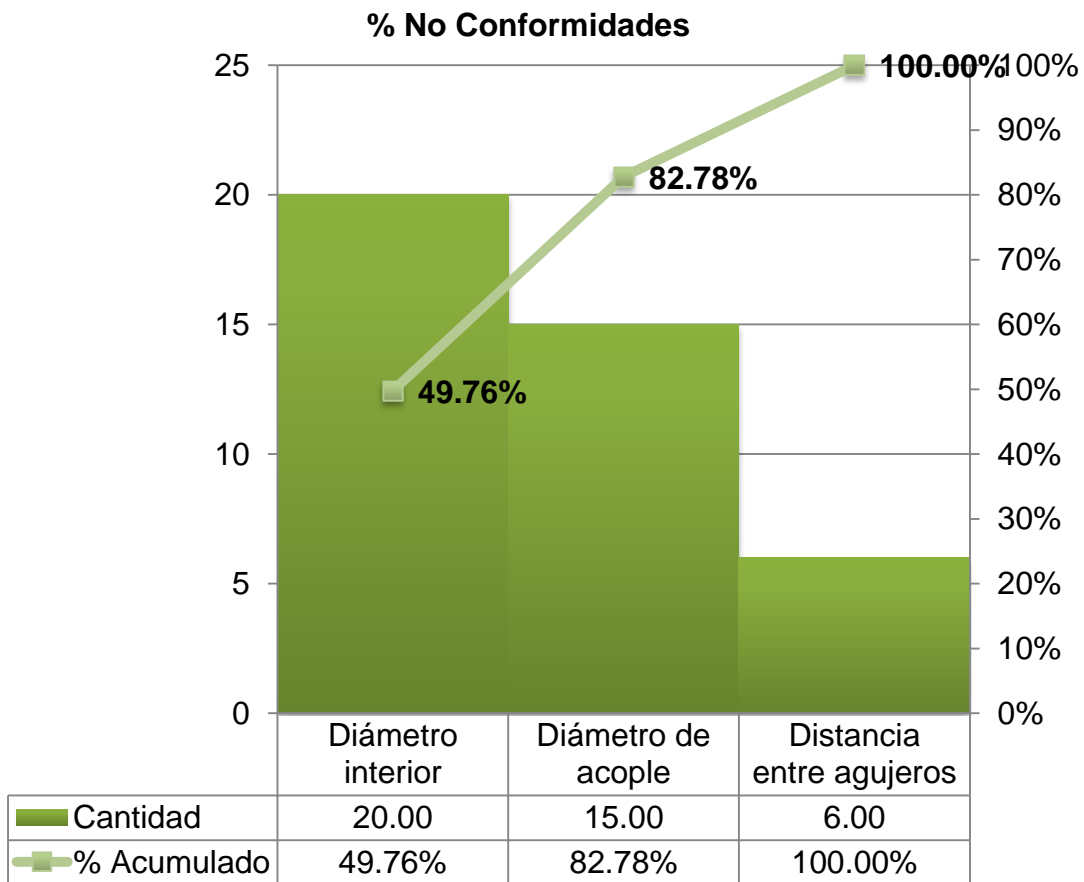
Anexo 12. Muestras del espesor del filo de la Cuchilla KTP.

Número de muestras	X1	X2	X3	X4	$\sum X$	Media (X)	Rango (R)
1	0.13	0.16	0.14	0.15	0.58	0.15	0.03
2	0.14	0.18	0.13	0.17	0.62	0.16	0.05
3	0.18	0.15	0.17	0.17	0.67	0.17	0.03
4	0.13	0.15	0.14	0.16	0.58	0.15	0.03
5	0.18	0.15	0.17	0.16	0.66	0.17	0.03
6	0.14	0.13	0.15	0.17	0.59	0.15	0.04
7	0.17	0.15	0.18	0.17	0.67	0.17	0.03
8	0.16	0.13	0.14	0.15	0.58	0.15	0.03
9	0.17	0.16	0.18	0.15	0.66	0.17	0.03
10	0.17	0.15	0.18	0.17	0.67	0.17	0.03
11	0.15	0.14	0.13	0.15	0.57	0.14	0.02
12	0.17	0.15	0.17	0.16	0.65	0.16	0.02
13	0.13	0.14	0.16	0.15	0.58	0.15	0.03
14	0.16	0.18	0.17	0.15	0.66	0.17	0.03
15	0.14	0.17	0.17	0.15	0.63	0.16	0.03
16	0.12	0.14	0.14	0.16	0.56	0.14	0.04
17	0.16	0.17	0.18	0.16	0.67	0.17	0.02
18	0.13	0.16	0.14	0.15	0.58	0.15	0.03
19	0.18	0.18	0.15	0.16	0.67	0.17	0.03
20	0.16	0.15	0.18	0.17	0.66	0.17	0.03
21	0.16	0.15	0.17	0.15	0.63	0.16	0.02
22	0.15	0.13	0.14	0.16	0.58	0.15	0.03
23	0.19	0.17	0.18	0.20	0.74	0.19	0.03
24	0.13	0.15	0.16	0.15	0.59	0.15	0.03
25	0.17	0.15	0.17	0.16	0.65	0.16	0.02
Medias	0.15	0.15	0.16	0.16	0.63	0.157	0,03

Anexo 13. Diagrama causa-efecto para el proceso de fabricación de la Cuchilla KTP.



Anexo 14. Representación del % de no conformidades de las características de calidad de la Tapa Chumacera.



Anexo 15. Determinación de la característica de calidad que tiene mayor incidencia en el costo para la Tapa Chumacera.

B. Pesos de las características de la Tapa Chumacera

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	ΣA_{ij}	T	Δi	(Δi^2)	k
Distancia entre agujeros	1	2	1	1	2	1	1	9	17,5	-8,5	72,25	0,1286
Grabado (Forja)	2	1	2	2	1	2	2	12	17,5	-5,5	30,25	0,1714
Diámetro interior	4	4	4	3	4	3	4	26	17,5	8,5	72,25	0,3714
Diámetro de acople	3	3	3	4	3	4	3	23	17,5	5,5	30,25	0,3286
$\Sigma \Sigma A_{ij} = 70$											205	1,0000

$$T = \frac{\Sigma \Sigma A_{ij}}{k} = \frac{70}{4} = 17,5$$

$$\Delta i = \Sigma A_{ij} - T$$

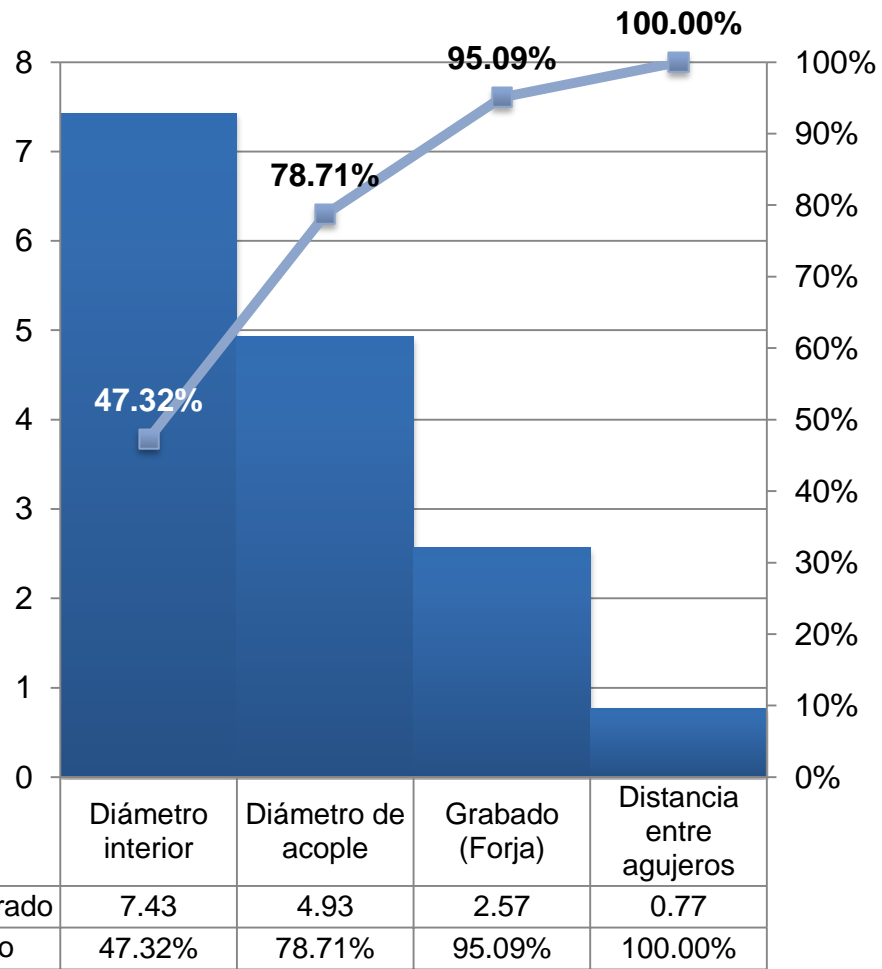
Luego se determina el coeficiente de concordancia a través de la siguiente expresión:

$$W = \frac{12 \Sigma_{i=1}^m \Delta i^2}{m^2(K^3 - k)} = \frac{12 \times 205}{7^2(4^3 - 4)} = 0,84$$

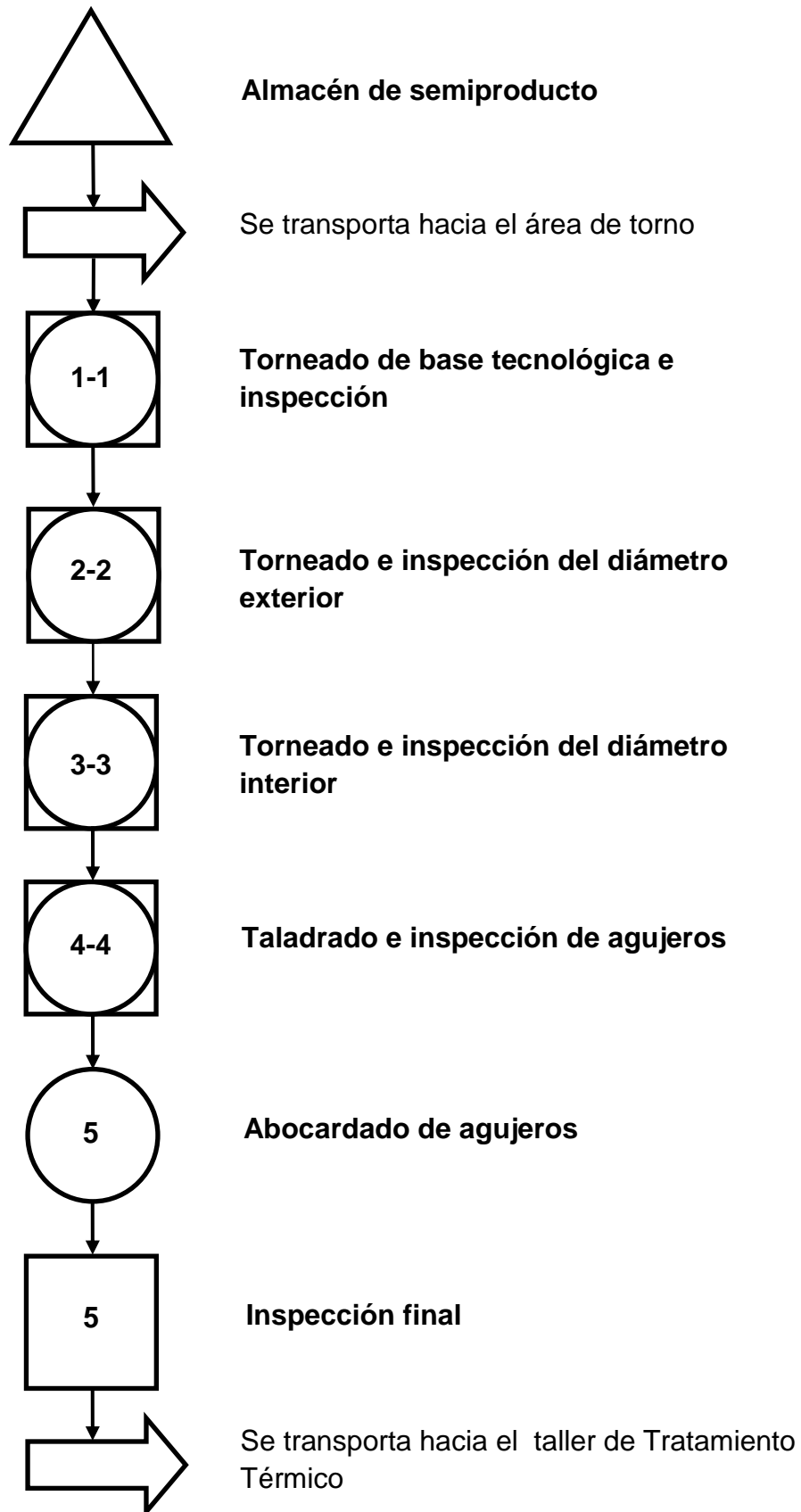
Como $W \geq 0,5$ el criterio de los expertos concuerda y es confiable.



Anexo 16. Representación de la frecuencia de aparición de defectos x el coeficiente de ponderación económica para la Tapa Chumacera.



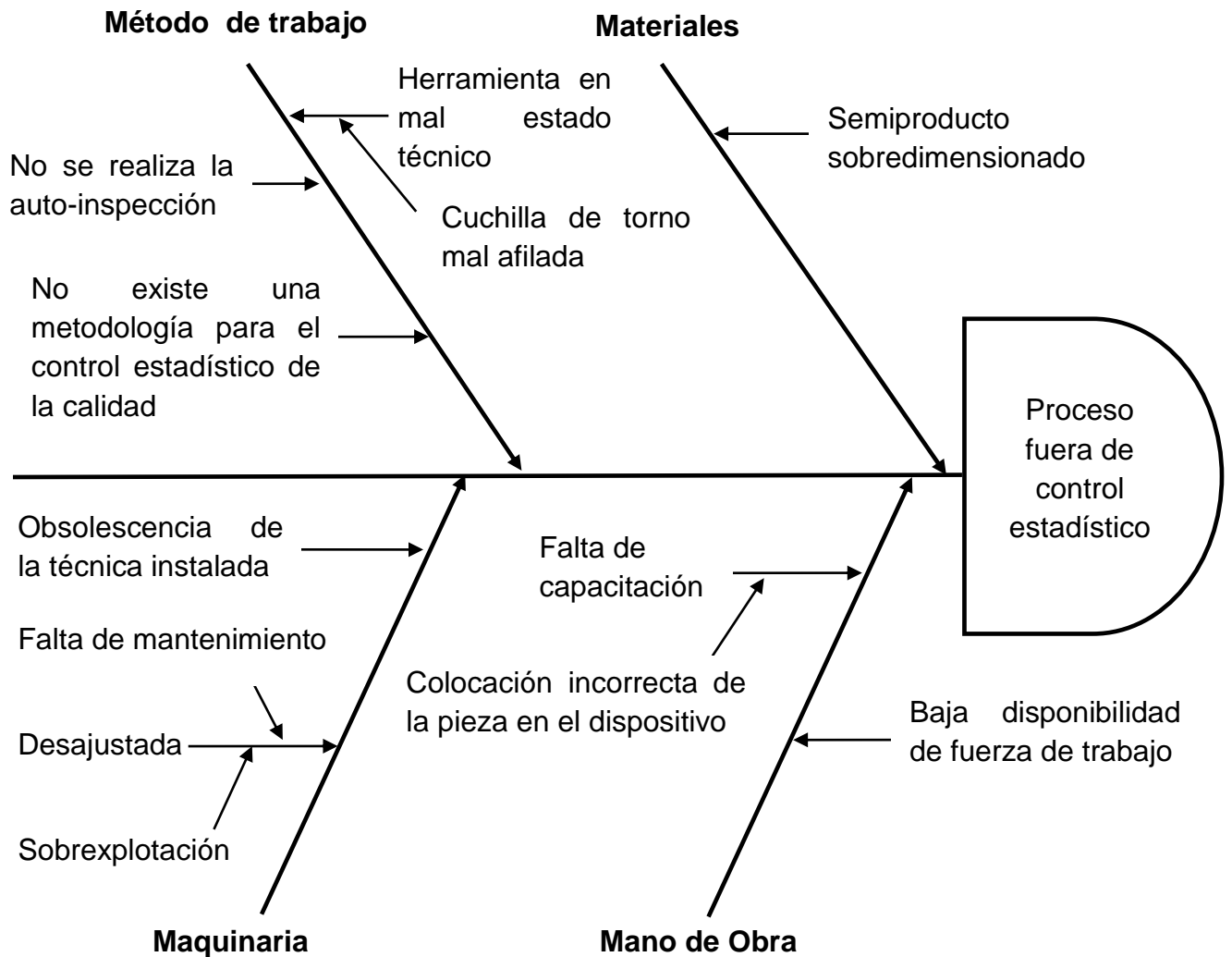
Anexo 17.Diagrama OTIDA de la Tapa Chumacera.



Anexo 18.Muestras del diámetro interior de la Tapa Chumacera.

Número de muestras	X1	X2	X3	X4	$\sum X$	Media \bar{X}	Rango R
1	70,10	70,08	70,07	70,10	280,35	70,09	0,03
2	70,08	70,11	70,09	70,10	280,38	70,10	0,03
3	70,09	70,11	70,13	70,12	280,45	70,11	0,04
4	70,07	70,09	70,15	70,11	280,42	70,11	0,08
5	70,10	70,12	70,11	70,13	280,46	70,12	0,03
6	70,09	70,11	70,12	70,11	280,43	70,11	0,03
7	70,10	70,11	70,14	70,12	280,47	70,12	0,04
8	70,11	70,14	70,12	70,15	280,52	70,13	0,04
9	70,14	70,15	70,16	70,15	280,60	70,15	0,02
10	70,14	70,13	70,05	70,10	280,42	70,11	0,09
11	70,11	70,12	70,13	70,14	280,50	70,13	0,03
12	70,12	70,05	70,14	70,13	280,44	70,11	0,09
13	70,13	70,10	70,16	70,15	280,54	70,14	0,06
14	70,12	70,13	70,11	70,10	280,46	70,12	0,03
15	70,09	70,12	70,16	70,14	280,51	70,13	0,07
16	70,14	70,12	70,13	70,09	280,48	70,12	0,05
17	70,15	70,13	70,11	70,10	280,49	70,12	0,05
18	70,13	70,15	70,12	70,14	280,54	70,14	0,03
19	70,11	70,14	70,11	70,13	280,49	70,12	0,03
20	70,10	70,14	70,12	70,11	280,47	70,12	0,04
21	70,09	70,11	70,14	70,10	280,44	70,11	0,05
22	70,12	70,10	70,09	70,11	280,42	70,11	0,03
23	70,10	70,09	70,11	70,09	280,39	70,10	0,02
24	70,08	70,07	70,11	70,09	280,35	70,09	0,04
25	70,10	70,09	70,09	70,11	280,39	70,10	0,02
Medias	70,11	70,11	70,12	70,12	280,46	70,114	0,043

Anexo 19. Diagrama causa-efecto para el proceso de fabricación la Tapa Chumacera.

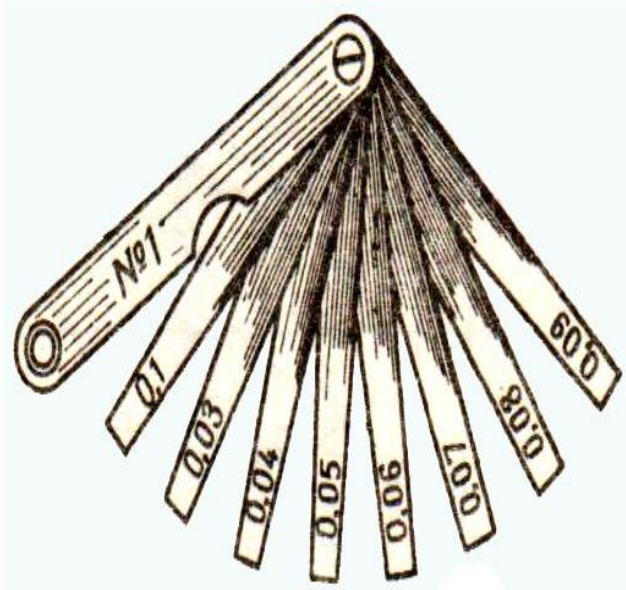


Anexo 20. Formas de Inspección.

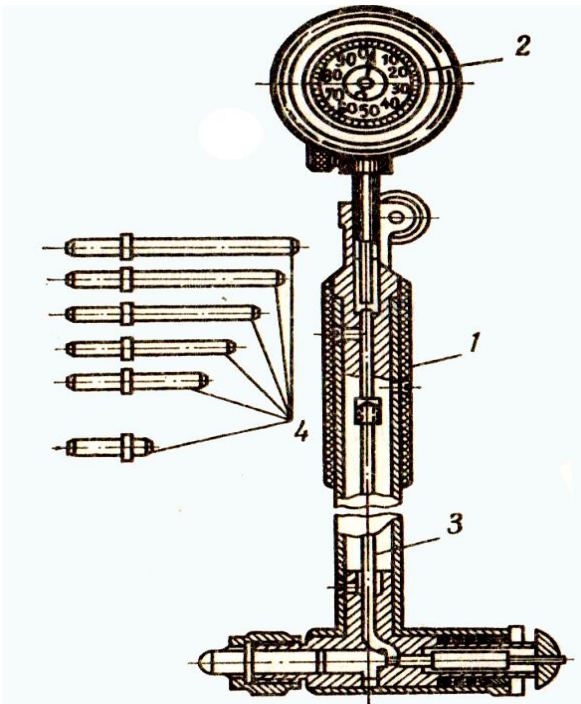
Atributo	Variable
Se emplea para características cualitativas o en características cuantitativas (medibles) que se expresan en forma cualitativa mediante la comparación con un calibre o patrón.	Se emplea para características cuantitativas que pueden tomar cualquier valor al ser registradas utilizando algún medio de medición.
Las unidades se consideran defectuosas o no observando una o más características, puede también registrarse el número de defectos por unidad.	Solo se puede aplicar para inspeccionar una característica de calidad.
Generalmente es más económico, los gastos de administración, computación, inspección son menores que en variable.	Implica mayores gastos administrativos, de muestreo y computación.
El procedimiento de inspección es simple, solo decidir si el producto cumple o no las especificaciones.	El procedimiento de inspección es más complejo, se necesita medir la característica con un medio de medición.
No es necesario hacer cálculos para obtener los resultados de la inspección y el procedimiento para tomar las decisiones es simple.	En ocasiones es necesario hacer cálculos para obtener los resultados de la inspección.
No es necesario que la distribución de la característica sea normal.	Es necesario que la característica siga una distribución normal.
Requiere tamaño de muestras mayores.	Menor tamaño de muestra.
Brinda menos información por la forma en que la refleja.	Brinda mayor información sin la característica (media y desviación típica).



Anexo 21. Instrumentos de Medición.



Galga utilizada en la medición del espesor del filo de la Cuchilla KTP



Medidor de interior utilizado en la medición del diámetro interior de la Tapa Chumacera

Anexo 22. Programa de control.

Cuchilla KTP


Característica	Objeto de Control del proceso	Unidad de medida	Instrumento de medición	Tamaño de la muestra	Frecuencia de la muestra	Forma de Inspección
Espesor del filo	$15^{\pm 0,05}$	mm	Galga	4	1 cada 4 unidades	Variable

Tapa Chumacera

Característica	Objeto de Control del proceso	Unidad de medida	Instrumento de medición	Tamaño de la muestra	Frecuencia de la muestra	Forma de Inspección
Diámetro interior	$70^{+0,12}$	mm	Medidor de Interior	4	1 cada 3 unidades	Variable



Anexo 23.Registro de Control de la Empresa.

		Sistema Integrado de Gestión						R08-24	
		Control de bienes y servicios no conformes						Versión: 1	
CODIGO/ DESCRIP CION	PROCESO/ SUBPROCES O	CANT ELABO RADA	CANT NO CONFORME				CONCES IONES	% NO CONF	CAUSA POTENCIAL
			RPROCESO		DESECH				
			CA NT	COST O	CANT	COSTO			

Anexo 24. Elementos para la selección de una carta de control por variables.

Carta	Propósito	Uso	Tamaño de subgrupo, n	Consideraciones adicionales
Media \bar{X}	Analiza las medias de subgrupos como una forma de detectar cambios en el promedio del proceso. Aunque la carta está inspirada en la distribución normal, funciona bien para otras funciones debido al teorema central del límite.	Procesos masivos (de mediano a alto volumen), donde en un corto tiempo se producen varios artículos y/o mediciones.	$n > 3$ A medida que n crece la carta detecta incluso pequeños cambios en el proceso. Por ello, generalmente un tamaño de n menor que 10 es suficiente para detectar cambios moderados y grandes, que son los de mayor interés en la práctica.	Los límites de control indican dónde se espera que varíen las medias de los subgrupos, por lo que no indican dónde varían las mediciones individuales, y no tienen nada que ver con las especificaciones.
Rango (R)	Analiza los rangos de los subgrupos como una estrategia para detectar cambios en la amplitud de la variación del proceso. La falta de normalidad afecta un poco a la carta.	Se usa conjuntamente con la carta \bar{X} cuando $n < 11$. Por lo tanto, se aplica al mismo tipo de proceso que tal carta.	$3 < n < 11$ A medida que n crece es capaz de detectar cambios más pequeños en la amplitud de la dispersión del proceso.	Es importante utilizarla junto con una carta \bar{X} . De los criterios para cambios de nivel, sólo utilizar el de puntos fuera de los límites.
Desviación estándar (S)	Analiza la desviación estándar que se calcula a cada subgrupo, como una estrategia para detectar cambios en la amplitud de la variación del proceso. La falta de normalidad afecta un poco a la carta.	Se usa conjuntamente con la carta \bar{X} cuando $n > 10$. Por lo tanto, se aplica al mismo tipo de proceso que tal carta.	$n > 10$ Dado el tamaño de subgrupo recomendado. Usarla sólo cuando se quieran detectar incluso pequeños cambios en la dispersión del proceso y se esté dispuesto a atender estos cambios.	Tanto la carta \bar{X} como ésta, tienen una mayor sensibilidad cuando n crece, usarlas cuando se quiere y se esté dispuesto a tener un control estricto sobre el proceso. De los criterios para cambios de nivel, sólo utilizar el de puntos fuera de los límites.
Individuales (X)	Analiza cada medición individual del proceso y detecta cambios grandes tanto en la media como en la amplitud de la dispersión. Si la distribución no es normal, la carta puede resultar bastante afectada.	Procesos de bajo volumen, donde se requiere un tiempo considerable (de una a más horas) para obtener un resultado o medición. También cuando mediciones cercanas en el tiempo sólo difieren por <i>error</i> de medición.	Por propósito $n = 1$	Si en estos procesos es importante detectar cambios más pequeños y medianos, se recomienda utilizar otra carta más sensible (EWMA o CUSUM, vea el capítulo siguiente).

Fuente: Gutiérrez, P. Control estadístico de Calidad y Seis Sigma. Ed. Félix Varela.2007.



Anexo 25. Elementos para la selección de una carta de control por atributos.

Carta	Propósito	Uso	Tamaño de subgrupo, n	Consideraciones adicionales
Proporción de defectuosos (p)	Analizar la proporción de artículos defectuosos por subgrupo (unidades rechazadas/ unidades inspeccionadas). Se supone una distribución binomial, que se puede aproximar bien por una normal.	Por lo general es utilizada para reportar resultados en puntos de inspección, donde una o más características de calidad son evaluadas, y en función de esto el artículo es aceptado o rechazado.	El valor de n puede ser constante o variable, pero suficientemente grande para tener una alta probabilidad de que en cada subgrupo se detecte por lo menos una pieza defectuosa. Esto se logra tomando a n tal que $n > 9 \left[\frac{1-p}{p} \right]$	No es adecuada si n es mucho más pequeño que el valor recomendado. Para n muy grande, de uno o varios miles, los límites de control estarán muy estrechos; por lo tanto, es mejor graficar la proporción en una carta de individuales. Si n es muy variable de un subgrupo a otro (más de 25%), se debe utilizar una carta estandarizada o una con límites variables.
Número de defectuosos (np)	Monitorea el número de unidades defectuosas por subgrupo (número de artículos rechazados por cada muestra inspeccionada). Se supone una distribución binomial, que se puede aproximar bien por una normal.	Se aplica en la misma situación que la carta p , pero con el tamaño de subgrupo constante. Es más fácil graficar los puntos en la carta al estar trabajando con números enteros.	El valor de n debe ser constante y en cuanto a su tamaño se aplican los mismos criterios que en la carta p .	Aplican las dos primeras observaciones para la carta p . Cuando n crece, la sensibilidad o potencial de la carta para detectar cambios es mayor.
Número de defectos por subgrupo (c)	Analiza el número de defectos por subgrupo o unidad, ésta puede ser un artículo o un lote, una medida de longitud o de tiempo, una medida de área o volumen. Se supone una distribución de Poisson, razonablemente simétrica.	Uno de sus usos es en puntos 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. También se usa para variables como número de quejas, de errores, de paros, de clientes, etcétera.	El tamaño de subgrupo o unidad es constante. De ser posible se elige de tal forma que el número promedio de defectos por subgrupo (línea central) sea mayor que nueve.	Si en cada subgrupo se esperan cero o muy pocos defectos, mucho menos que nueve, usualmente la carta no es efectiva. En esos casos, se debe buscar un incremento en el tamaño de subgrupo u otras alternativas.
Número promedio de defectos por unidad (u)	Monitorea el número promedio de defectos por artículo o unidad inspeccionada. Se supone una distribución de Poisson.	Igual que la carta c , pero aquí se prefiere analizar el número promedio de defectos por artículo o unidad, en lugar del número de defectos por subgrupo.	El tamaño de subgrupo puede ser constante o variable, pero siempre está conformado por varias unidades de referencia o artículos. Buscar que n cumpla que $n > \frac{9}{\bar{u}}$	Si n es mucho menor que el número recomendado, la carta u suele no ser útil. En esos casos, buscar incrementar n , o utilizar otra carta de control.

Fuente: Gutiérrez, P. Control estadístico de Calidad y Seis Sigma. Ed. Félix Varela.2007.



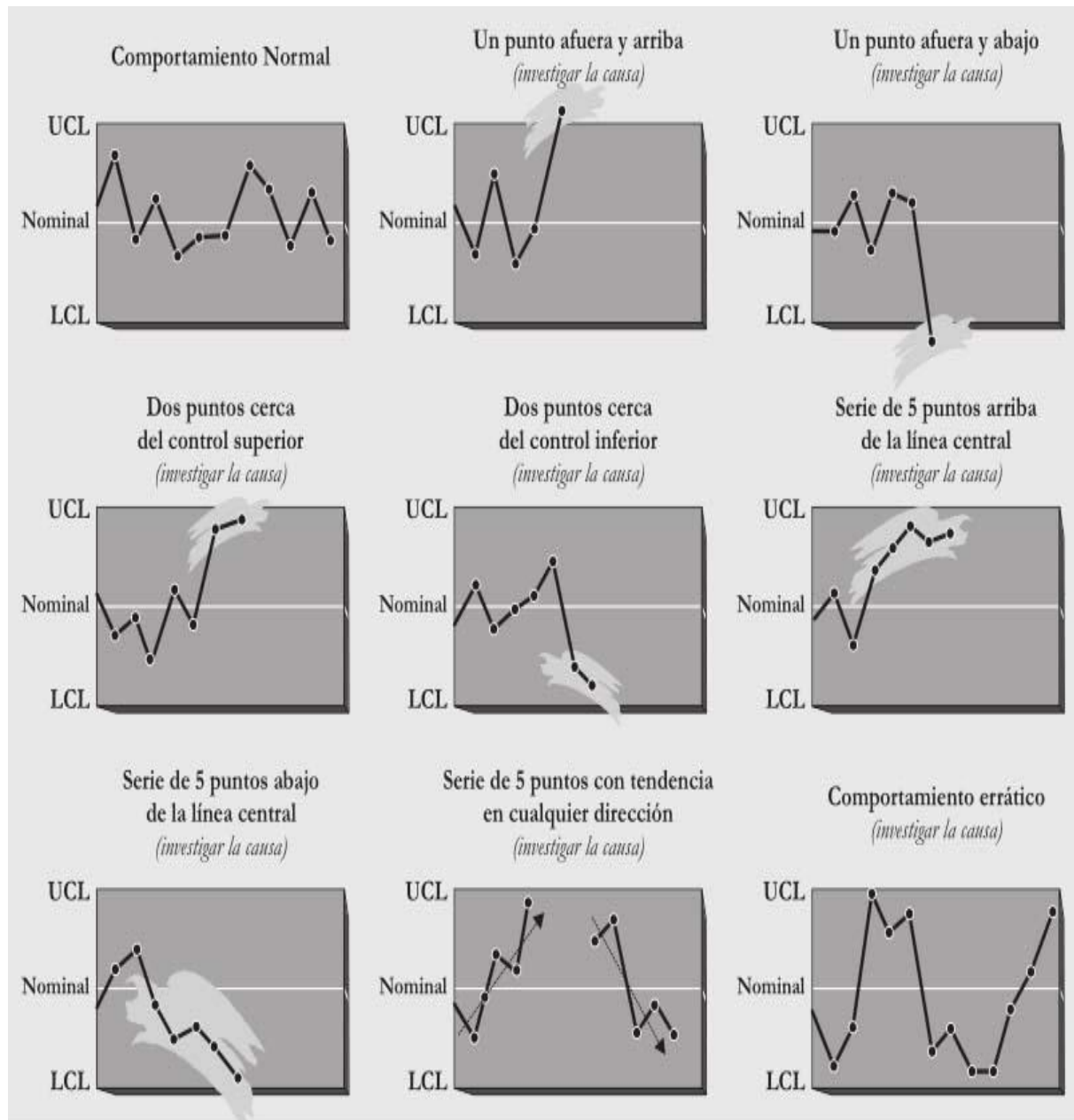
Anexo 26.Tabla de Factores para la construcción de las cartas de control.

Tamaño de muestra, n	Carta \bar{X}	Carta R			Carta S	Estimacion de σ
	A_2	d_3	D_3	D_4	c_4	d_2
2	1.880	0.853	0.0000	3.2686	0.7979	1.128
3	1.023	0.888	0.0000	2.5735	0.8862	1.693
4	0.729	0.880	0.0000	2.2822	0.9213	2.059
5	0.577	0.864	0.0000	2.1144	0.9400	2.326
6	0.483	0.848	0.0000	2.0039	0.9515	2.534
7	0.419	0.833	0.0758	1.9242	0.9594	2.704
8	0.373	0.820	0.1359	1.8641	0.9650	2.847
9	0.337	0.808	0.1838	1.8162	0.9693	2.970
10	0.308	0.797	0.2232	1.7768	0.9727	3.078
11	0.285	0.787	0.2559	1.7441	0.9754	3.173
12	0.266	0.778	0.2836	1.7164	0.9776	3.258
13	0.249	0.770	0.3076	1.6924	0.9794	3.336
14	0.235	0.763	0.3281	1.6719	0.9810	3.407
15	0.223	0.756	0.3468	1.6532	0.9823	3.472
16	0.212	0.750	0.3630	1.6370	0.9835	3.532
17	0.203	0.744	0.3779	1.6221	0.9845	3.588
18	0.194	0.739	0.3909	1.6091	0.9854	3.640
19	0.187	0.734	0.4031	1.5969	0.9862	3.689
20	0.180	0.729	0.4145	1.5855	0.9869	3.735
21	0.173	0.724	0.4251	1.5749	0.9876	3.778
22	0.167	0.720	0.4344	1.5656	0.9882	3.819
23	0.162	0.716	0.4432	1.5568	0.9887	3.858
24	0.157	0.712	0.4516	1.5484	0.9892	3.898
25	0.153	0.708	0.4597	1.5403	0.9896	3.931

Fuente: Gutiérrez, P. Control estadístico de Calidad y Seis Sigma. Ed. Félix Varela.2007.



Anexo 27. Diagramas de flujo con procesos que denotan situaciones anormales en el comportamiento de las muestras.



Fuente: Schroeder, R. Administración de Operaciones. Ed. Macchi. 1992.



Anexo 28.Tabla Valores del C_p y su interpretación.

Valor del índice (C_p)	Clase o categoría del proceso	Decisión (si el proceso está centrado)
$C_p \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad Seis Sigma.
$C_p > 1,33$	1	Adecuado.
$1 < C_p < 1,33$	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estadístico.
$0,67 < C_p < 1$	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.
$C_p < 0,67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias.

Fuente: Gutiérrez, P. Control estadístico de Calidad y Seis Sigma. Ed. Félix Varela.2007.



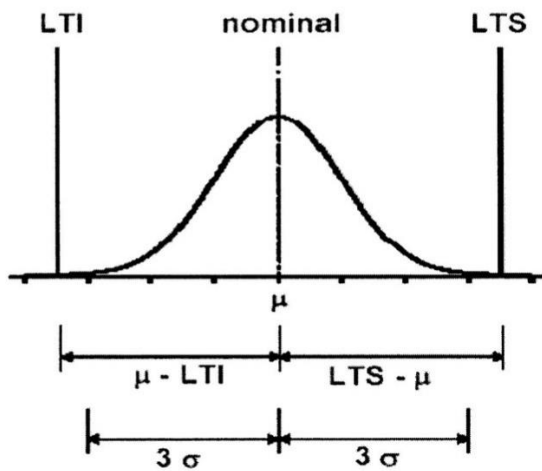
Anexo 29.Tabla Índices C_p , C_{pi} y C_{ps} , en términos de la cantidad de piezas malas (corto plazo); bajo normalidad y proceso centrado en el caso de doble especificación.

Valor del índice (corto plazo)	Proceso con doble especificación (índice C_p)		Con referencia a una sola especificación (C_{pi} , C_{ps} , C_{pk})	
	% fuera de las dos especificaciones	Partes por millón fuera (PPM)	% fuera de una especificación	Partes por millón fuera (PPM)
0.2	54.8506%	548 506.130	27.4253%	274 253.065
0.3	36.8120%	368 120.183	18.4060%	184 060.092
0.4	23.0139%	230 139.463	11.5070%	115 069.732
0.5	13.3614%	133 614.458	6.6807%	66 807.229
0.6	7.1861%	71 860.531	3.5930%	35 930.266
0.7	3.5729%	35 728.715	1.7864%	17 864.357
0.8	1.6395%	16 395.058	0.8198%	8 197.529
0.9	0.6934%	6 934.046	0.3467%	3 467.023
1.0	0.2700%	2 699.934	0.1350%	1 349.967
1.1	0.0967%	966.965	0.0483%	483.483
1.2	0.0318%	318.291	0.0159%	159.146
1.3	0.0096%	96.231	0.0048%	48.116
1.4	0.0027%	26.708	0.0013%	13.354
1.5	0.0007%	6.802	0.0003%	3.401
1.6	0.0002%	1.589	0.0001%	0.794
1.7	0.0000%	0.340	0.0000%	0.170
1.8	0.0000%	0.067	0.0000%	0.033
1.9	0.0000%	0.012	0.0000%	0.006
2.0	0.0000%	0.002	0.0000%	0.001

Fuente: Gutiérrez, P. Control estadístico de Calidad y Seis Sigma. Ed. Félix Varela.2007.



Proceso capaz y centrado



Campana CENTRADA

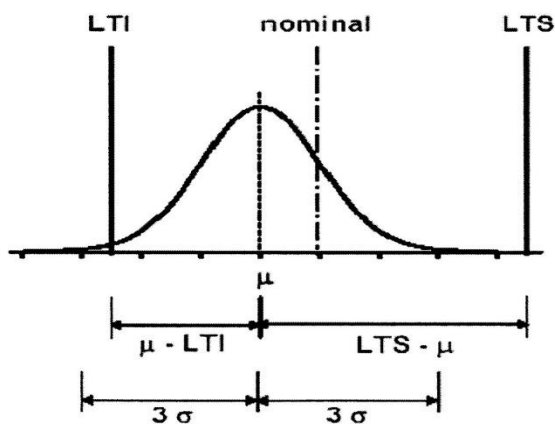
$$C_{pL} = \frac{\mu - LTI}{3\sigma}$$

$$C_{pU} = \frac{LTS - \mu}{3\sigma}$$

$$C_{pk} = \text{Min} \{ C_{pL}, C_{pU} \}$$

$$C_{pk} = C_p$$

Proceso capaz con producción defectuosa



Campana NO CENTRADA

$$C_{pL} = \frac{\mu - LTI}{3\sigma}$$

$$C_{pU} = \frac{LTS - \mu}{3\sigma}$$

$$C_{pk} = \text{Min} \{ C_{pL}, C_{pU} \}$$

$$C_{pk} < C_p$$

Anexo 31.Entrevista aplicada a directivos y técnicos del taller de Maquinado.

1. ¿Se han realizado reclamaciones al taller por problemas de calidad?
2. ¿Pudiera relacionar usted las piezas fundamentales por las cuales se le hizo reclamación?
3. ¿Cuáles fueron los motivos por los que se realizaron estas reclamaciones?
4. ¿Considera que la respuesta por parte del taller fue rápida?
5. ¿Qué máquinas del taller han tenido mayor implicación en las reclamaciones realizadas?
6. ¿Se siente usted capacitado para desarrollar el control estadístico de la calidad en el taller?



Anexo 32. Plan de Acción.

No.	Acciones	Ejecuta	Responsable	Fecha de Control	Fecha de Cumplimiento	Recursos
1	Implementar un programa para la rehabilitación del equipamiento existente.	Especialista en Inversiones	Director Técnico	Septiembre-2020	Noviembre-2020	Financiamiento
2	Realizar un mantenimiento a las máquinas con mayor frecuencia.	Grupo de Mantenimiento	Jefe de Grupo de Mantenimiento	Mensual	Día 24 de cada mes	Insumos y componentes mecánicos y eléctricos.
3	Capacitar a los operarios habituales y los de nuevo ingreso en el uso de los dispositivos de comprobación.	Especialista de Capacitación	Especialista Principal de Capital Humano	Septiembre-2019	Octubre-2019	Aula e instructor
4	Contratar personal calificado para el proceso que se realiza.	Capital Humano	Especialista Principal de Capital Humano	Julio-2019	Septiembre-2019	Financiamiento



5	Verificar que la herramienta se encuentre en buen estado técnico y que sea la adecuada.	Preparador de máquinas-herramientas	Jefe de Brigada	Abril-2019	Junio-2019	Instrumento de medición
6	Adquirir instrumento de comprobación (galga) para el espesor del filo.	Grupo NMC	Especialista Principal NMC	Septiembre-2019	Noviembre-2019	Financiero
7	Preparar herramienta (cuchilla de interior) para la realización del diámetro interior.	Preparador de máquinas-herramientas	Jefe de Brigada	Diario	Junio-2019	Instrumento de medición y muela abrasiva
8	Inspeccionar el 100% del semiproducto de la Tapa Chumacera que se recibe en el taller.	Verificador del Taller	Especialista de Gestión de la Calidad del Taller	Diario	Mayo-2019	Personal capacitado e Instrumento de medición
9	Exigir al operario que realice la auto-Inspección con mayor frecuencia.	Jefe de Brigada	Jefe de Taller	Diario	Mayo-2019	
10	Implementar en el taller la metodología propuesta para el control estadístico de la calidad.	Grupo NMC	Equipo de trabajo	Julio-2019	Septiembre-2019	Personal capacitado y recurso financiero



Anexo 33. Encuesta aplicada a especialistas para la búsqueda de consenso sobre la pertinencia de la metodología para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso.

Objetivo: buscar consenso y valoración de especialistas respecto a la pertinencia de la metodología para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso.

Compañero especialista:

Como parte del tema de tesis en opción al título de Ingeniero Industrial, se propone una metodología para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso. Atendiendo a su preparación en la temática, se solicita su criterio respecto a:

- Coherencia de la estructura de la metodología.
- Suficiencia de las etapas para contribuir al control estadístico de la calidad del proceso en el taller.
- Pertinencia de las acciones asumidas para control estadístico de la calidad del proceso en el taller.

INDICACIONES:

A continuación se presenta la metodología:

Etapa 1: Preparación Inicial

Objetivo: sentar las bases para el desarrollo del estudio, facilita y asegura en gran medida la participación activa de todo el personal implicado, desde el jefe de taller que lo dirige y se responsabiliza por su cumplimiento hasta el personal directo que participa en el proceso, con la finalidad de llevar a cabo eficientemente el control.

Paso 1.1 Conformar un equipo de trabajo

Paso 1.2 Capacitación del equipo de trabajo

Paso 1.3 Lograr el compromiso de los trabajadores del taller con la actividad de control de la calidad

Etapa 2: Planificación

Objetivo: diseñar un sistema de control estadístico de la calidad del proceso que satisfaga las necesidades del taller de la empresa.



Anexo 33.(Continuación)

Paso 2.1 Determinar los productos a controlar

Paso 2.2 Selección de las características a controlar

Paso 2.3 Determinar los lugares donde establecer el control

Paso 2.4 Determinar la forma de inspección

Paso 2.5 Determinar el tipo de inspección

Paso 2.6 Determinar el tamaño de la muestra y su frecuencia de control

Paso 2.7 Establecimiento del sistema de medición

Acción 1. Designar un responsable que realice las mediciones

Acción 2. Determinar el método de medición

Acción 3. Determinar el instrumento de medición

Paso 2.8 Determinar los registros de control

Etapa 3:Ejecución

Objetivo: poner en práctica todas las actividades diseñadas en la planificación hasta lograr una recopilación y procesamiento de la información con las herramientas requeridas, haciendo énfasis en la utilización de los gráficos de control con vistas a determinar la presencia o no de causas asignables de variación, los correspondientes análisis de aptitud del proceso hasta lograr la definición de los límites de control como normas para el futuro control de las características de calidad.

Paso 3.1 Recopilación de la información resultante de la inspección

Paso 3.2 Establecimiento de gráficos de control

Acción 1. Seleccionar el tipo de gráfico de control

Acción 2. Calcular los límites de control

Acción 3. Determinar si el proceso está bajo control estadístico o no

Alternativa 3.1 Si el proceso está bajo control, continuar con la inspección

Alternativa 3.2 Si el proceso no está bajo control, analizar las causas

Alternativa 3.2.1 Si existen puntos fuera, analizar las causas y recalcular los límites

Paso 3.3 Análisis de capacidad del proceso

Acción 1. Analizar si se satisface la primera condición

Acción 2. Si el proceso es no apto, se deben tomar medidas



Acción 3. Si se satisface la primera condición de aptitud, analizar la segunda

Paso 3.4 Establecimiento de los límites de control como normas para el futuro control de las características de calidad

Paso 3.5 Diseño y aplicación de acciones correctivas

En su valoración usted puede ofrecer recomendaciones para cada uno de ellos utilizando los siguientes criterios:

- 1- Muy adecuado (MA)
- 2- Adecuado (A)
- 3- Poco adecuado (PA)
- 4- Inadecuado(I)

Marque con una cruz (x) en la celda que se corresponda con el grado de factibilidad que usted otorga a cada indicador.

Expresa de forma concreta los criterios que tuvo en cuenta para marcar en algunas de las últimas categorías, así contribuye en el perfeccionamiento del trabajo.

Le agradecemos anticipadamente el esfuerzo que hará para responder, con la mayor fidelidad posible, según sus puntos de vista la presente.

Muchas gracias.

INDICADORES	MA	A	PA	I
Coherencia de la estructura de la metodología.				
Suficiencia de las etapas para contribuir al control estadístico de la calidad del proceso en el taller.				
Pertinencia de las acciones asumidas para el control estadístico de la calidad del proceso en el taller.				

