

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y NEGOCIOS TECATE



MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA
ÁREA DE CONOCIMIENTO: INDUSTRIAL
ESPECIALIDAD: PRODUCCIÓN Y CALIDAD

TESIS:

**“Implementación de la metodología SPC (Control Estadístico del
Proceso) en el proceso de fabricación de la empresa Broan Building
Products de México.”**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:

MIGUEL ACOSTA GARCÍA

BAJO LA DIRECCIÓN DE:

M.C.A. VELIA VERÓNICA FERREIRO MARTÍNEZ

Tecate, B. C. Diciembre de 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y NEGOCIOS
UNIDAD TECATE

Maestría y Doctorado en ciencias e ingeniería

“Implementación de la metodología SPC (Control Estadístico del Proceso) en el proceso de fabricación de la empresa Broan Building Products de México.”

TESIS

Que para obtener el grado de maestría en ingeniería presenta:

Miguel Acosta García

Aprobada por:



M.C.A. Velia Verónica Ferreiro Martínez
Presidente



M.C. Carlos Alberto Chávez Guzmán
Secretario



M.I. Adriana Isabel Garambullo
Vocal

Tecate Baja California, México. Diciembre 2011

RESUMEN de la tesis del Ing. Miguel Acosta García presentado como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRO EN INGENIERIA INDUSTRIAL. Tecate, Baja California, México. Diciembre de 2011.

“Implementación de la metodología SPC (Control Estadístico del Proceso) en el procesos de fabricación de la empresa Broan Building Products de México.”

Resumen aprobado por:



M.C.A. Velia Verónica Ferreiro Martínez

En la actualidad las grandes empresas se desarrollan en forma muy acelerada, incrementando sus ventajas competitivas con aquellas que no aceptan el reto a realizar los cambios necesarios para enfrentar una economía tan globalizada. Todos estos cambios enfocados a la mejora continua del producto, tal como: reducción de costos, mejora del proceso, minimizar gastos etc.

Antes de implementar la metodología del control estadístico del proceso en el área de fabricación de la empresa Broan Building Products México, se encontraba en un desorden. Donde solo existían intentos por implementar la metodología, debido a la carencia de un plan de muestreo adecuado, documentación desordenada, sin controles de registro estadístico, sin análisis de estabilidad, sin generar información del proceso, variación presente desconocida, prácticamente no se conoce el comportamiento del proceso. Generando mala calidad del producto, gran cantidad de desperdicios de materiales y re trabajo, dando como resultado costos elevados de producción.

Se propuso implementar el control estadístico del proceso para disminuir la variación en el área de fabricación, y en particular analizar cuatro ensambles(98009814, 680493, 651967, 661803) como punto de partida para implementar dicha metodología monitoreando el proceso con el objetivo de conocer su comportamiento estadístico, en base a esto tomar decisiones para disminuir la variación del proceso, acarreado con ello disminución de los desperdicios de materiales, retrabajo y un incremento de la producción.

El control estadístico del proceso se implemento separando por prensa los números de parte que se fabrican en cada una de estas, además en cada número de parte se identificaron las variables a medir como dimensiones críticas para los procesos siguientes, se realizo un plan de muestreo acorde al proceso y la metodología, se recolecto la información del proceso realizando un análisis de estabilidad mediante cartas de control por variables y se calculó el índice de capacidad, los análisis se realizaron en el programa minitab.

Después de realizar un monitoreo de cinco meses se observo una disminución en los desperdicios del proceso promedio de 0.82% tomando como referencia los mismos meses del año 2010, como caso particular para este proyecto los números de parte 98009814, 680493, 651967, 661803 cumpliendo con el objetivo del mismo.

Palabras clave: Control estadístico del proceso - Capacidad del proceso – Graficas de control - Tamaño de la muestra - Minitab

ABSTRACT of the thesis, presented by Miguel Acosta, in order to obtain the MASTER of ENGINEERING DEGREE in INDUSTRIAL ENGINEERING. Tecate, Baja California, México. December, 2011

“Implementación de la metodología SPC (Control Estadístico del Proceso) en el proceso de fabricación de la empresa Broan Building Products de México.”

Approved by:



M.C.A. Velia Verónica Ferreiro Martínez

Nowadays big companies have been developed in a high accelerated way and their competitive advantages are greater over those than not accept the challenges, to realize the necessary changes to a front the global economy. All these changes are focus to the continuous improvement of the product, such as: costs reduced, process improvement, diminish expenses etc.

Before implementing the statistical process control methodology in the fabrication area of the company Broan Building Products Mexico, the whole process was in a complete disorder. Where there was only a try to implement the methodology, it did not exist any right sampler plan, documents in disorder, registry statistic controls, stability analysis, no information during the process, unknown variation, the process performance its unknown. As result, a bad quality of product, high waste of materials and rework causing high costs of productions.

The proposal to solve this situation was implement the statistical process control, to reduce the variation in the fabrication area, where were analyzed four assemblies particularly to begin the SPC methodology. Monitoring the process to know the statistic performance

about this and can to take decisions to reduce the process variations, the target it's to reduced materials waste, rework and increase the productivity.

The statistical process control was implement, first separate the part numbers per hydraulic press, and then identify the critical dimensions to realized the measure, realized the sampler plan in accordance between the process and SPC methodology. With the recollected data of the process we can to calculate the stability and capability with control charts about it process in the minitab software.

After the process was monitoring per five months with control charts, the waste of the process reduced at average 0.82% in 2011 year. In this particularly project were evaluate the following part numbers: 98009814, 680493, 651967, and 661803 achieving the project aim.

Keywords: Statistical Process Control – Process Capability – Control Charts – Sample Plan - Minitab

Dedicatoria:

Para mi madre

Agradecimientos

En primer lugar, a mi madre y a mi padre por todo el amor, la dedicación y la preocupación que han puesto en mí desde siempre, y por acompañarme y apoyarme en cada paso que he emprendido. Sin ellos, nada de esto hubiese sido posible.

A mi esposa por el apoyo, paciencia que me ha tenido durante este tiempo.

A toda mi familia, por ser el pilar fundamental en todo este largo camino.

A todos mis compañeros y amigos de la universidad, que después de compartir largas jornadas de estudio y de diversión, logramos fundir lazos de hermandad inmensurables. Nombrar sería injusto, porque todos llevan un lugar importante en mi corazón. Los momentos que viví con ustedes permanecerán siempre en mi memoria.

A los maestros por apoyarme y entregarme parte de sus conocimientos. Su gran vocación de servicio la enriquece aún más, convirtiéndolos en personas muy valiosas.

A la empresa Broan Building Products México, por la posibilidad que me brindaron al realizar este proyecto en sus instalaciones. A los departamentos de Producción, Control de Calidad, especialmente a Juan Ruiz, por su disponibilidad y calidad humana al momento de entregar sus conocimientos y experiencia. El paso por este lugar me permitió conocer gente muy valiosa, y esas son las cosas que verdaderamente perduran en el tiempo.

A todos ustedes... Muchas Gracias!

Índice

Resumen	i
Abstract.....	iv
Dedicatoria:.....	vi
Agradecimientos	vii
Índice	viii
Índice de figuras	xi
Índice de tablas	xiii
Capítulo 1. introducción	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema	3
1.3 Preguntas de investigación	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivo Específico	4
1.5 Justificación	4
1.6 Hipótesis	4
1.6.1 Hipótesis nula	5
1.6.2 Hipótesis alternativa	5
1.7 Viabilidad.....	5
1.8 Aportación.....	5
Capítulo 2. Marco teórico	6
2.1 Antecedentes	6
2.2 Capacidad de procesos: estadística descriptiva	7
2.2.1 Medidas de tendencia central.	7
2.2.2 Medidas de dispersión o variabilidad	9
2.3 Elementos de inferencia estadística.....	10
2.3.1 Comprobación de hipótesis	11
2.4 Tamaño y frecuencia de muestreo en gráficas de control (medias)	12
2.4.1 Relación entre el plan de muestreo y la capacidad del proceso	13
2.5 Gráficas de control	14
2.5.1 Tipos de gráficas de control	15
2.5.2 Selección de los límites de control.	16
	viii

2.5.3 Gráficas de control X R.....	17
2.5.4 Gráficas de control por atributos	21
2.5.4.1 Gráficas p para la fracción rechazada.....	21
2.5.4.2 Gráficas de control para defectos c.....	23
2.5.4.3 Gráficas de control para el número de defectos por unidad u.....	24
2.6 Estado de un proceso: capacidad y estabilidad	25
2.6.1 Límites de tolerancia natural de un proceso.	26
2.6.2 Índice Cp	27
2.6.3 Índice CPk.....	28
Capítulo III Metodología	30
Introducción	30
3.1.1 Esquema del proceso de fabricación (actividades necesarias para este proceso)	31
3.2 Rendimiento y comportamiento actual del proceso	39
3.2.1 Área de fabricación	39
3.3 Diagrama de operaciones involucradas con la metodología SPC	41
3.4 Matriz de productos	45
3.4.1 Matriz de productos fabricación.....	45
3.5 Análisis del proceso antes de implementar la metodología SPC.....	47
3.5.1 Análisis del proceso de fabricación antes de implementar la metodología SPC	47
3.6 Determinar variables a medir del proceso de fabricación	49
3.6.1 Determinar las variables a medir del proceso de fabricación	49
3.7 Bosquejo de la generación de datos	51
3.7.1 Bosquejo de la generación de datos de fabricación	51
3.8 Planificar la frecuencia y tamaño de la muestra de los procesos estudiados.....	53
3.8.1 Planificar la frecuencia y tamaño de la muestra del proceso de fabricación	54
3.9 Cálculo y manejo de la información obtenida del proceso.....	57
3.9.1 Cálculo y manejo de la información obtenida del proceso de fabricación	57
3.10 Cálculo de estabilidad y capacidad del proceso	59
3.10.1 Cálculo de estabilidad y capacidad del proceso de fabricación	59
3.10.1.1 Cálculo de estabilidad del proceso de fabricación.....	60
3.10.1.2 Cálculo de capacidad del proceso de fabricación	64
3.11 Rendimiento y comportamiento del proceso.....	67
3.11.1 Rendimiento y comportamiento del proceso de fabricación	68
3.12 Mejora del proceso.....	69
Capítulo IV Implementación de la metodología SPC en el área de fabricación, análisis de los resultados y conclusiones.....	71

4.1 Actividades del proyecto para la implementación de la metodología SPC	71
4.2 Resultados	72
4.2.1 Representación gráfica de los datos obtenidos	72
4.2.1.1 Análisis de estabilidad del proceso.....	73
4.2.1.1.1 Número de parte 98009814	74
4.2.1.1.2 Número de parte 680493	77
4.2.1.1.3 Número de parte 651967	79
4.2.1.1.4 Número de parte 661803	83
4.2.1.2 Análisis de capacidad del proceso	86
4.2.1.2.1 Número de parte 98009814	86
4.2.1.2.2 Número de parte 680493	88
4.2.1.2.3 Número de parte 651967	90
4.2.1.2.4 Número de parte 661803	93
4.2.3 Costo beneficio del proyecto	95
4.3 Conclusiones	96
Bibliografía	99
Glosario de términos	101
ANEXOS	105
Anexo 1. Figura 3.12 Capacidad del proceso fabricación.....	108
Anexo 2. Figura 3.14 Dimensiones críticas No. Parte 98009814.....	109
Anexo 3. Figura 3.16 Dimensiones críticas representadas	110
Anexo 4. Figura 3.17 Procedimiento SPC fabricación.....	111
Anexo 5. Figura 3.18 Ruta crítica plan muestreo	112
Anexo 6. Figura 3.19 Tiempo plan muestreo	113
Anexo 7. Figura 3.20 Actividades plan de muestreo.....	114
Anexo 8. Figura 3.21 Gráfica de Gantt plan de muestreo	115

Índice de figuras

<u>Figura</u>	<u>Página</u>
Figura 2.1 Límites de control.....	17
Figura 2.2 Representación grafica X	18
Figura 2.3 Gráficas de R.....	18
Figura 3.1 Prensa automática 1206.....	31
Figura 3.2 Prensa automática y sus partes principales	32
Figura 3.3 Troquel	33
Figura 3.4 Motor Bracket (651972G2).....	33
Figura 3.5 Colocación de rollo	34
Figura 3.6 Enderezador de rollo	34
Figura 3.7 Alimentador de rollo	35
Figura 3.8 Salida producto final	35
Figura 3.9 Rollo de acero inoxidable.....	36
Figura 3.10 Colocación de rollo	38
Figura 3.11 Mesa medición y primer artículo	38
Figura 3.13 Diagrama de operaciones SPC fabricación	42
Figura 3.15 Formato registro dimensiones críticas.....	52
Figura 3.22 Hoja de registro programa Minitab	59
Figura 3.23 Hoja de registro programa Minitab	60
Figura 3.24 Procedimiento 1 programa Minitab.....	61
Figura 3.25 Procedimiento 2 programa Minitab.....	62
Figura 3.26 Gráfica de estabilidad del proceso programa Minitab	63
Figura 3.27 Hoja de registro programa Minitab	64
Figura 3.28 Procedimiento análisis de capacidad programa Minitab.....	65
Figura 3.29 Parámetros análisis de capacidad programa Minitab	66
Figura 3.30 Resultado análisis de capacidad programa Minitab	67
Figura 3.31 Grafica de control, análisis de estabilidad del proceso	68
Figura 3.32 Resultados capacidad del proceso	69
Figura 4.1 Gráfica de control dimensión crítica 1	74

Figura 4.2	Gráfica de control dimensión crítica 2	75
Figura 4.3	Gráfica de control dimensión crítica 3	75
Figura 4.4	Gráfica de control dimensión crítica 4	76
Figura 4.5	Gráfica de control dimensión crítica 1	77
Figura 4.6	Gráfica de control dimensión crítica 2	77
Figura 4.7	Gráfica de control dimensión crítica 3	78
Figura 4.8	Gráfica de control dimensión crítica 4	79
Figura 4.9	Gráfica de control dimensión crítica 1	79
Figura 4.10	Gráfica de control dimensión crítica 2	80
Figura 4.11	Diagrama causa y efecto proceso inestable.....	81
Figura 4.12	Gráfica de control dimensión crítica 3	81
Figura 4.13	Gráfica de control dimensión crítica 4	82
Figura 4.14	Diagrama causa y efecto proceso inestable 2.....	82
Figura 4.15	Gráfica de control dimensión crítica 1	83
Figura 4.16	Diagrama causa y efecto proceso inestable 3.....	84
Figura 4.17	Gráfica de control dimensión crítica 2	84
Figura 4.18	Gráfica de control dimensión crítica 3	85
Figura 4.19	Gráfica de control dimensión crítica 4	85
Figura 4.20	Capacidad del proceso: dimensión crítica 1	86
Figura 4.21	Capacidad del proceso: dimensión crítica 2	87
Figura 4.22	Capacidad del proceso: dimensión crítica 3	87
Figura 4.23	Capacidad del proceso: dimensión crítica 4.....	88
Figura 4.24	Capacidad del proceso: dimensión crítica 1	88
Figura 4.25	Capacidad del proceso: dimensión crítica 2.....	89
Figura 4.26	Capacidad del proceso: dimensión crítica 3.....	89
Figura 4.27	Capacidad del proceso: dimensión crítica 4.....	90
Figura 4.28	Capacidad del proceso: dimensión crítica 1	90
Figura 4.29	Capacidad del proceso: dimensión crítica 2.....	91
Figura 4.30	Capacidad del proceso: dimensión crítica 3.....	91
Figura 4.31	Capacidad del proceso: dimensión crítica 4.....	92
Figura 4.32	Capacidad del proceso: dimensión crítica 1	93

Figura 4.33	Capacidad del proceso: dimensión crítica 2	93
Figura 4.34	Capacidad del proceso: dimensión crítica 3	94
Figura 4.35	Capacidad del proceso: dimensión crítica 4	94
Figura 3.12	Capacidad del proceso fabricación.....	108
Figura 3.14	Dimensiones criticas No. Parte 98009814	109
Figura 3.16	Dimensiones criticas representadas	110
Figura 3.17	Procedimiento SPC fabricación	111
Figura 3.18	Ruta crítica plan muestreo.....	112
Figura 3.19	Tiempo plan muestreo	113
Figura 3.20	Actividades plan de muestreo	114
Figura 3.21	Gráfica de Gantt plan de muestreo	115

Índice de tablas

<u>Tabla</u>	<u>Página</u>
Tabla 2.1	Cp diferentes procesos
	28
Tabla 3.1	Números de parte fabricación
	46
Tabla 3.2	Dimensiones criticas SPC
	50
Tabla 3.3	Actividades necesarias plan de muestreo.....
	56
Tabla 3.4	Captura de datos.....
	58
Tabla 4.1	Costos por desperdicios del proceso
	95
Tabla 4.2	Comparativo producción y desperdicios en %
	96

Capítulo 1. Introducción

1.1 Antecedentes

La actividad industrial hoy en día se ve en la necesidad de ofrecer productos de alta calidad con un costo que se ajuste a las necesidades de los clientes, por tal motivo es necesario optimizar los recursos de la misma al máximo. La calidad de un bien o servicio es necesaria para poder lograr la competitividad en un mundo tan globalizado y cambiante en el que nos encontramos.

Lograr que el proceso de fabricación se comporte de una manera estable con variación despreciable en las diferentes etapas que lo conforman ayuda para que se reduzcan los costos de producción, principalmente mediante la disminución de: desperdicios, gran número de actividades del reproceso que no le dan valor al producto y que se reduzca la inspección del producto entre otras. Una de las tareas más importantes consiste en controlar el proceso de todas aquellas variables aleatorias que se presentan en el mismo, lo cual se puede realizar mediante la implementación de una metodología llamada control estadístico del proceso SPC (por sus siglas en ingles), la cual consiste en un conjunto de técnicas estadísticas que nos ayudan a medir y analizar la variación que se presenta en el mismo y con esto, poder tomar decisiones para eliminar el grado de variabilidad presente que se encuentra fuera de control.

Logrando controlar el proceso se obtiene muchos beneficios como los mencionados anteriormente, pero todo esto se puede descifrar de una manera más explícita en la reducción de costos e incremento de la productividad en la elaboración de un producto.

En las últimas décadas ha surgido un gran interés en la industria occidental por adoptar la cultura de control y mejora de la calidad. Este interés surge con el fin de ligar de manera directa la productividad y la calidad incrementando la competitividad en cualquier sector logrando fusionar estos dos factores de forma correcta y conveniente.

El punto de partida para tomar estos factores viene influenciado por la cultura que se ejerce en Japón, en este país la mejora continua de la calidad y la productividad se encuentra muy arraigada en todos los procesos y fundamentada por muy buenos resultados obtenidos en la industria de esté. El éxito obtenido se basa principalmente en una filosofía operativa donde se aprovecha al máximo del capital humano y la información generada por el proceso a un costo de fabricación mínimo.

El arribo de esta filosofía implementada en Japón al occidente en países de América y Europa se lleva a cabo por empresas multinacionales japonesas, que se instalan en dichos continentes impulsando que sus proveedores adopten esta cultura para cumplir con los requerimientos de las empresas.

Una de las características esenciales que muestran las empresas japonesas consiste en reducir o eliminar la inspección del producto terminado, la cual no contribuye a la mejora de la calidad, por consiguiente, es mejor prevenir los posibles defectos de fabricación y no detectarlos a posteriori por un sistema de inspección que no contribuye a la mejora continua.

Llevar a cabo esta filosofía para poder reducir o eliminar la inspección y adoptar un nuevo sistema de prevención brinda la pauta de poder disminuir los costos por defectos en el proceso de fabricación y reproceso, tiempo de paro, la inspección, control de material de medición etc.

Un ingrediente general en el proceso de prevención es llevar a cabo la recolección de la información generada del mismo, utilizando el método científico de investigación y con esto poder tomar decisiones de una forma correcta para minimizar la variabilidad del mismo. Lo que implica utilizar un conjunto de técnicas estadísticas para la recolección de datos y procesamiento de estos con el objetivo de visualizar el estado del proceso.

El monitoreo del proceso parte de la prevención como una herramienta fundamental para lograr la mejora de la calidad y la productividad a un grado aceptable, beneficiando los

recursos de la empresa. Las técnicas estadísticas que se aplican con este fin dan origen al control estadístico del proceso (SPC).

El objetivo del SPC es observar y monitorear de forma inteligente el proceso con la finalidad de predecir las causas especiales de variabilidad del mismo, observar su origen con el fin de eliminarlas y tomar las medidas necesarias para evitar que se presenten en el futuro [1]. Su fundamento se basa en la toma periódica y sistematizada de muestras para después monitorearlas en gráficos estadísticos, los cuales ayudan a visualizar las señales de salida que proporciona el proceso y con esto tomar mejores decisiones. La mayoría de los problemas de calidad que se presentan en el proceso pueden resolverse por técnicas estadísticas muy sencillas, entre ellos las gráficas de control.

El presente proyecto se realiza en la empresa Broan Building Products México, implementando la metodología SPC en el proceso de fabricación (prensas automáticas) mediante el uso de graficas de control con el objetivo de reducir la variabilidad aumentando su productividad y disminuir los costos de producción.

1.2 Planteamiento del problema

Se pretende implementar la metodología SPC de forma sistemática y ordenada utilizando el conjunto de herramientas estadísticas para medir y analizar aquellas variables del proceso que se encuentran fuera de control, valorando sus resultados y tomar decisiones para erradicarlas y lograr el control del proceso de una manera adecuada.

En el presente proyecto se implementará la metodología SPC en el procesos de fabricación en los números de parte: 98009814, 680493, 651967, 661803 y 661714 de la empresa Broan Building Products México y con ello minimizar los costos del proceso, reducir la variabilidad del proceso y por ende mejorar la productividad.

1.3 Preguntas de investigación

¿Será suficiente la metodología SPC (control estadístico del proceso) para controlar el proceso de fabricación en los números de parte: 98009814, 680493, 651967, 661803 y

661714 en virtud de las restricciones establecidas de manera eficiente y con esto reducir la variabilidad que se encuentre en este?

¿Será necesario hacer uso de otras metodologías para poder controlar el proceso de fabricación (98009814, 680493, 651967, 661803 y 661714) en la empresa Broan Building Products Mexico de una manera eficiente y eliminar la variabilidad presente del mismo?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Implementar la metodología SPC en el proceso de fabricación (98009814, 680493, 651967, 661803 y 661714) de la empresa Broan Building Products México, para reducir la variabilidad e incrementar la productividad del proceso.

1.4.2 Objetivo Específico

Disminuir los desechos que se presenta dentro del proceso de fabricación (98009814, 680493, 651967, 661803 y 661714) en la empresa Broan Building Products México.

1.5 Justificación

Con este documento de tesis se pretende demostrar la eficacia de la metodología SPC, implementándola en el proceso de fabricación (98009814, 680493, 651967, 661803 y 661714) en la empresa Broan Building Products de México. Lograr controlar el proceso de una manera que se reduzca la variabilidad y con ello poder minimizar los costos de operación y mejorar la productividad.

1.6 Hipótesis

Será posible controlar el proceso de fabricación (98009814, 680493, 651967, 661803 y 661714) mediante la metodología SPC, logrando reducir la variabilidad, disminuir los costos e incrementar la productividad en la empresa Broan Building Products México

1.6.1 Hipótesis nula

No será posible controlar el proceso de fabricación (98009814, 680493, 651967, 661803 y 661714) mediante la metodología SPC, logrando reducir la variabilidad, disminuir los costos e incrementar la productividad en la empresa Broan Building Products México

1.6.2 Hipótesis alternativa

Será posible controlar los procesos de fabricación (98009814, 680493, 651967, 661803 y 661714) mediante algún método cualitativo de calidad eliminando la variabilidad, disminuir los costos e incrementar la productividad en la empresa Broan Building Products México.

1.7 Viabilidad

Se cuenta con información necesaria y permisos de la empresa, con la tecnología necesaria, equipo de cómputo, software, archivos electrónicos y bibliografía necesaria para realizar la presente tesis.

1.8 Aportación

Disminuir la variación del proceso de fabricación (98009814, 680493, 651967, 661803 y 661714) de la empresa Broan Building Products Mexico mediante la metodología SPC.

Capítulo 2. Marco teórico

2.1 Antecedentes

El control estadístico del proceso (SPC), surge por el año de 1920 cuyos fundamentos fueron establecidos por el doctor Walter Shewhart, quien enfatizó dos características de los procesos: las causas comunes o aleatorias y las causas especiales de variabilidad. Las primeras son todas aquellas variables o causas que son propias del mismo, es decir, aquellos factores de variabilidad que van a estar presentes en el proceso porque así fue diseñado para trabajar bajo estas condiciones normales de operación, de igual manera se considera que estas causas no alteran el control estadístico de este porque son predecibles en el tiempo. Las segundas causas son todos aquellos factores no predecibles del proceso que se presentan de forma aleatoria en el tiempo y que tienden a alterar la salida esperada del mismo, es decir cambia las características deseadas del producto incrementando los costos de producción. Cuando se presentan estas causas especiales se incrementa la variabilidad provocando que esté se encuentre fuera de control estadístico. [1]

Shewhart desarrollo e implementó esta metodología en los laboratorios Bell Telephone, prácticamente en la manufactura de teléfonos, de igual manera se implementa en algunos de sus proveedores como la western electric, en donde se contaba alrededor de 46000 trabajadores en todas sus plantas de los cuales una cuarta parte de esta cantidad eran inspectores de calidad y una vez aplicando la metodología diseñada por Shewhart (SPC), se pudo lograr disminuir ese número de persona que se ocupaba con la inspección.

En los años siguientes la defensa nacional de estados Unidos empieza a tomar esta metodología para mejorar la calidad en la fabricación de municiones todo esto bajo la consultaría del Doctor Shewhart.

En esos años muchos científicos reconocen la metodología desarrollada por Shewhart y la adoptan y las mejoran, tal es el caso de Deming, quien después de estar trabajando de forma directa con Shewhart durante la segunda guerra mundial laborando para la defensa

nacional de Estados Unidos en la productividad del mismo. Después de esto Deming comienza a implementar esta metodología en Japón donde se obtiene la excelencia de mejora en la manufactura japonesa.

Estos gráficos de control son una herramienta muy útil y poderosa de mejora cuando se les da el uso adecuado y correcto para monitorear el proceso, ya que involucra a todo el personal tales como; operarios, técnicos, supervisores y encargados de la gestión de la calidad etc. Además permite reducir el ajuste o sobre ajuste del proceso, delimita cuando se presenta una causa común o especial del mismo y con esto tomar decisiones para dar solución a dichos problemas brindando la posibilidad de estimar la capacidad de esté.

El tiempo de implementación de la metodología SPC y obtener resultados exitosos de acorde a esta metodología varía según las características particulares de cada proceso y varía según las características de operación en las que se encuentre.

2.2 Capacidad de procesos: estadística descriptiva

Los procesos tienen variables de salida o de respuesta las cuales deben de cumplir con ciertas especificaciones para considerar que operan de forma satisfactoria, es decir, estas son las especificaciones de diseño establecidas para cumplir con los requerimientos del cliente. Evaluar la capacidad o habilidad de esté brindara los datos necesarios para saber que se está cumpliendo con las especificaciones de diseño de las variables de respuesta o salida. Por tal motivo es importante evaluar y comprender los datos generados, lo cual se logra utilizando una serie de técnicas y conocimientos de estadística para lograr este objetivo.

2.2.1 Medidas de tendencia central.

Las medidas de tendencia central ayudan a determinar si el proceso se encuentra centrado y con ello saber si cumple con las especificaciones de diseño, es decir, si la variable de respuesta es igual o próxima al valor nominal especificado. Se describen de la siguiente manera:

Media aritmética

La media aritmética muestra como se concentran una serie de datos obtenidos de algunas observaciones, es decir, se realiza una sumatoria de todos los datos recabados y el resultado se divide entre el número de datos analizados.

$$\bar{X}_n = T(X_1, X_2, \dots, X_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} \quad (2.1)$$

Donde $\bar{X}$ representa la media aritmética, X los datos o individuos de la población o muestra y n representa el total de datos de la muestra o población.

Mediana o percentil 50

Es otra medida de tendencia central que indica que valor se encuentra más centrado en una colección de datos, es decir, estos valores se ordenan de forma creciente (menor a mayor), una vez que son ordenados se selecciona el valor que queda posicionado en el valor medio de estos, cuando los datos obtenidos son pares se seleccionan los dos valores que quedan en medio del ordenamiento, estos se suman y después se dividen entre dos.

Moda

Una medida de tendencia central mas es la moda que se puede definir como el dato que se repite o se presenta más veces en una determinada muestra o población. En algunas ocasiones se pueden presentar más de un dato se repite igual de veces que otros, en estos casos se toman cada uno de esos datos como moda.

Debido a la naturaleza de los datos generados en algún proceso o datos obtenidos de otro objeto de estudio, se deben de tomar varias consideraciones al aplicar las técnicas de tendencia central, en particular la aplicación de la media aritmética del proceso nos puede arrojar datos erróneos o raros es decir si se generan algún tipo de estos datos ocasiona que al realizar el análisis de la media exista gran desfase ocasionando confusión en el resultado obtenido. En este caso sería más recomendable utilizar la mediana ya que al realizar el

análisis mediante la ordenación de los datos no afectaría obtener el valor medio de los datos.

Rango

Rango se define como la diferencia que existe entre el dato mayor y el dato menor de la población estudiada o proceso. Al igual que la desviación estándar el rango evalúa y nos muestra la variación de manera general que existe entre nuestros datos.

2.2.2 Medidas de dispersión o variabilidad

Para evaluar la capacidad de un proceso, es necesario conocer la variación que presenta la respuesta que se está analizando en base a datos generados por el este y con esto comparar si la respuesta esta dentro de las especificaciones establecidas en el diseño del proceso, dentro de los estadísticos más usuales para analizar la variación de un proceso encontramos los siguientes:

La desviación estándar muestral es el cálculo más común para medir la variabilidad, mide que tan esparcidos se encuentran los datos con respecto a la media de los mismos, se define mediante la siguiente fórmula:

$$S_X^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1} \quad (2.2)$$

Donde S representa la desviación estándar muestral, X un individuo o dato de la muestra o población a analizar y $\bar{X}$ representa la media de los datos y n el total de datos.

Desviación estándar del proceso se utiliza para determinar la variación que existe en una población completa o proceso, se denota por la letra griega sigma, como ya se mencionó mediante la fórmula 2.3 podemos determinar qué diferencia existe con los datos generados por un proceso o características de una población con respecto a la media.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.3)$$

Donde σ representa la desviación estándar del proceso, x un individuo o dato de la muestra o población a analizar y $\bar{x}$ representa la media de los datos y N el total de datos de la muestra.

2.3 Elementos de inferencia estadística

Hablar de inferencia estadística prácticamente consiste en poder sacar afirmaciones de una determinada población o proceso, previamente analizado mediante la obtención de una muestra la cual brinda información necesaria para llevar un análisis determinado.

Para tratar esta parte de la estadística es necesario tener en cuenta algunos conceptos necesarios:

- **Población**, conjunto de individuos, objetos o medidas de interés con características particulares sobre los que se realiza un estudio con el fin de incrementar el conocimiento que se tiene acerca de ellos. Una población puede ser de dos tipos; finita e infinita, una población finita es aquel tipo de población donde se puede medir cada uno de los individuos y con ello poder adquirir ciertos conocimientos acerca de estos. Una población infinita se puede definir muy grande, de donde es necesario obtener una muestra representativa para poder realizar un estudio determinado y con ello obtener conocimiento de la misma.
- **Muestra**, se puede definir como la colección de un conjunto de individuos o datos representativos de una determinada población con el fin de obtener algún conocimiento o afirmaciones acerca de dicha población.

La inferencia estadística se divide en dos fundamentos, la inferencia y la prueba de hipótesis las cuales se apoyan en las observaciones obtenidas después de analizar una

determinada muestra. Una manera de correlacionar estas dos tendencias se basa principalmente en determinar la distribución de probabilidad de la muestra obtenida y con ello sacar inferencias de la misma que nos lleven a probar una determinada hipótesis o conjeturas acerca de algún parámetro o característica que represente a una población.

2.3.1 Comprobación de hipótesis

Una gran parte de la inferencia estadística implica en rechazar o aceptar proposiciones acerca de los parámetros de una probabilidad de distribución. Las proposiciones se denominan hipótesis.

Es importante recordar que las hipótesis son siempre enunciados relativos a la población o distribución bajo estudio, no enunciados en torno a la muestra. El valor del parámetro de la población especificado en la hipótesis suele determinarse de una de tres maneras:

- a) Puede resultar de la experiencia o conocimientos pasados del proceso, o incluso de experimentación previa. El objetivo entonces de la prueba de hipótesis suele ser entonces determinar si la situación experimental ha cambiado.
- b) Este valor puede determinarse a partir de alguna teoría o modelo con respecto al objeto que se estudia. Aquí el objetivo de la prueba de hipótesis es verificar la teoría o modelo.
- c) Surge cuando el valor del parámetro de la población es resultado de consideraciones experimentales, tales como especificaciones de diseño o ingeniería, o de obligaciones contractuales. En esta situación, el objetivo de la prueba de hipótesis es la prueba de conformidad.

Dentro de la comprobación de la hipótesis encontramos la hipótesis nula, la cual definimos como aquella que estipula que todos los elementos de una población son iguales, por otro lado encontramos la hipótesis alternativa que son todas aquellas proposiciones posibles

alternas a la hipótesis nula. Estos fundamentos son necesarios entenderlos para poder realizar aseveraciones acerca de una población bajo estudio.

2.4 Tamaño y frecuencia de muestreo en gráficas de control (medias)

Determinar el tipo de muestreo y la cantidad del mismo es una de las características más importantes por analizar dentro del control estadístico del proceso, en especial para realizar el análisis XR que nos compete de manera particular en este proyecto de tesis, se dice que el costo total de muestreo es proporcional al número de unidades muestreadas. De tal manera surge el dilema de cuál es la mejor técnica para llevar esto, existen dos técnicas generales: se realiza un muestreo con un número pequeño de muestras pero con una frecuencia de tiempo reducida en la toma de las mismas o en efecto se toman muestras grandes con una frecuencia de tiempo corta de aquí partimos para determinar la mejor técnica de muestreo en las gráficas de control.

Se trata, por tanto, de analizar cómo dicha elección afecta a la potencia del gráfico, definida ésta como su capacidad para detectar rápidamente las salidas de control del proceso. Adicionalmente, este análisis permite, bajo ciertas hipótesis razonables, establecer el tamaño óptimo de muestra como función de la capacidad del proceso que se pretende controlar. [2]

Es de real importancia determinar y enfatizar la relevancia que conlleva realizar un buen plan de muestreo en las gráficas de control, las cuales conllevan dos factores claves tales como: el económico y el estadístico. El primero debemos entenderlo como el costo de llevar un muestreo con determinadas características y en base a esté, obtener cierta probabilidad de éxito en virtud de eliminar los defectos. La segunda brindan las herramientas necesarias para optimizar y entender los resultados obtenidos de forma gráfica.

El coste de las unidades defectuosas producidas dependerá del tipo de producto y proceso que se esté considerando en cada caso. Por lo tanto, centraremos nuestro estudio en el caso particular de coste de muestreo aproximadamente proporcional al número de unidades

muestreadas. Bajo esta hipótesis es posible estudiar cuáles deben ser los valores de n y f que minimizan el AvD (promedio de duración(muestreo), por sus siglas en ingles) en función de la magnitud de la salida de control del proceso, según se analiza en el siguiente apartado.[2]

El intervalo de muestreo f viene expresado en todos los casos como múltiplo de una unidad de tiempo arbitraria. Los planes a comparar son los abajo indicados. Se ha cubierto la gama de situaciones más frecuentes en la práctica industrial, en la que los tamaños de muestra no suelen superar el mayor considerado en este caso, sobre todo si la desviación típica del proceso se va a estimar a partir de los recorridos muestrales.[2]

Procedimiento 1: Tamaño $n=1$ cada $f=1$ Unidades de tiempo

Procedimiento 2: Tamaño $n=3$ cada $f=3$ Unidades de tiempo

Procedimiento 3: Tamaño $n=5$ cada $f=5$ Unidades de tiempo

Procedimiento 4: Tamaño $n=7$ cada $f=7$ Unidades de tiempo

Nota: n es igual al tamaño del subgrupo y f es igual a la frecuencia de muestreo

2.4.1 Relación entre el plan de muestreo y la capacidad del proceso

De forma general se puede explicar que la capacidad del proceso (C_p) se define como las especificaciones de diseño que debe cumplir un proceso determinado para satisfacer una característica de calidad establecida, todo esto lleva a determinar que el plan de muestreo está relacionado con la capacidad del proceso debido a la variación del mismo, es decir, si el proceso se sale de especificaciones dará la pauta para incrementar o disminuir la frecuencia y el tamaño del muestreo.

El valor $n=5$, recomendado frecuentemente en la práctica, resulta adecuado para la rápida detección de desviaciones que conducen a un 50% de defectuosos, cuando la capacidad del proceso está comprendida entre 0.6 y 0.8. Sin embargo, si lo que se desea detectar rápidamente es una situación en la que el 10% esté fuera de especificaciones, el tamaño de muestra $n=5$ resulta óptimo si el C_p está comprendido entre 1 y 1.2. En algunos casos existe para la característica de calidad una sola especificación, superior o inferior y el

índice de capacidad del proceso, C_{pi} o C_{ps} , depende de la relación entre la distancia del proceso a la especificación y la mitad de la variabilidad natural del proceso, 3σ . [3]

Cuando la capacidad del proceso es buena, es decir, mayor a 1.25, se recomienda tomar muestras con un tamaño de subgrupo igual a uno de forma frecuente, cuando la capacidad del proceso es baja se recomienda incrementar el tamaño del subgrupo de la muestra con una frecuencia en el tiempo de forma más espaciada.

Por último, cabe señalar que el resultado obtenido coincide en cierto sentido con la propuesta de control óptimo de Taguchi (1981), consistente en tomar muestras de tamaño pequeño a intervalos cortos de tiempo. Esto no es sorprendente dada la en general elevada capacidad de los procesos en la industria japonesa. Ahora bien, tal y como se ha mostrado en este capítulo, cuando la capacidad del proceso es baja el procedimiento de muestreo óptimo consiste en tomar muestras de mayor tamaño, más espaciadas en el tiempo. [2]

2.5 Gráficas de control

Un diagrama de control es una herramienta estadística utilizada para monitorear si un proceso está en control. De igual manera mediante la utilización de las gráficas de control se puede alcanzar un estándar en un proceso que se desee obtener, puede ser el instrumento para alcanzar esta meta y además puede ser el medio para comprobar si realmente se alcanzó este objetivo. [7]

Es de gran importancia entender los tipos de causas de variación en los procesos propuestos por shewart, el enfatizó de la siguiente manera; causas aleatorias o propias del sistema, las cuales se definen como todos aquellos factores que están presentes en el proceso desde su etapa de diseño, las cuales se consideran insignificantes y por ende siempre estarán presentes en esté. Las causas especiales son todas aquellas causas externas que repercuten en el proceso y son provocadas por factores ajenos al mismo, este tipo de causas son las que se tienen que eliminar para que se encuentre en control.

En el presente trabajo se consideran un conjunto de señales propuesto por Ishikawa (1976), utilizado muy frecuentemente en el contexto de la industria: [3].

Señal 1: Punto fuera de los límites de control (señal estándar).

Señal 2: Dos de tres puntos seguidos en la zona comprendida entre el límite central con respecto al límite superior e inferior.

Señal 3: Siete puntos seguidos por encima o por debajo de la línea central.

Señal 4: Racha creciente o decreciente de siete puntos consecutivos.

Un gráfico de control es equivalente a un contraste de hipótesis sobre la media del proceso. Sin embargo, cuando la señal de falta de control se basa también en la información contenida en un cierto número de muestras anteriores, la interpretación del riesgo de primera especie α no resulta tan evidente, ya que no es un valor constante y depende del instante en que nos encontremos.[2]

2.5.1 Tipos de gráficas de control

Dentro de las gráficas de control se encuentran dos grupos: las gráficas de control por variables, las cuales son utilizadas para evaluar características de calidad tipo continuo es decir, todas aquellas que son medibles y se pueden analizar o medir con algún instrumento de medición. En este grupo se pueden encontrar varios tipos de graficas de control [6]:

- X (promedios)
- R (rangos)
- S (desviación estándar)
- X (de medias individuales)

En otro grupo se encuentran las gráficas de control por atributos, las cuales se aplican para evaluar características de calidad no continua o no medible, simplemente realizan la

función de conforme o no conforme, es decir, pasa o no pasa cierta característica de calidad evaluada. Dentro de este grupo destacan:

- P (proporción o fracción de artículos defectuosos)
- NP (número de unidades defectuosas)
- C (número de defectos)
- U (número de defectos por unidad)

Los límites superior e inferior denotan una característica de calidad de una determinada muestra, y entre estos límites se encuentra un límite central que representa a la no desviación de una determinada muestra.

Los límites de control se seleccionan de tal manera que si todos los puntos que representan una característica de una muestra caen dentro de estos se dice que el proceso es estable, cuando se presenta esta condición no se lleva ninguna acción correctiva. Si un punto cae fuera de los límites establecidos, significa que el proceso está fuera de control. Con esto se busca la causa y se lleva a cabo una acción correctiva adecuada.

2.5.2 Selección de los límites de control.

En la mayoría de las aplicaciones se establecen los límites de control a más menos 3 desviaciones estándar de la media de la característica de calidad que se mide. Para calcular estos límites se debe proceder de forma que, bajo condiciones de control estadístico los datos que se representan en la gráfica de control tengan la probabilidad de que caigan dentro de estos límites. De tal manera que una forma de proceder sería encontrar la distribución de probabilidad de la variable, estimar sus parámetros y ubicar los límites de forma que un alto porcentaje 99.73% de la distribución estén dentro de ellos.

En otros documentos se usan otros criterios además de los criterios 3 sigmas. Donde se indica que es casi improbable tener dos de cada tres puntos sucesivos fuera de dos sigmas, o cuatro de cada cinco puntos sucesivos fuera de 1 sigma, u ocho puntos sucesivos en un solo lado del límite central. Estos criterios se podrían utilizar en gráficas de control con

límites simétricos. En la figura 2.1 se representan los límites de control establecidos en una grafica de control.

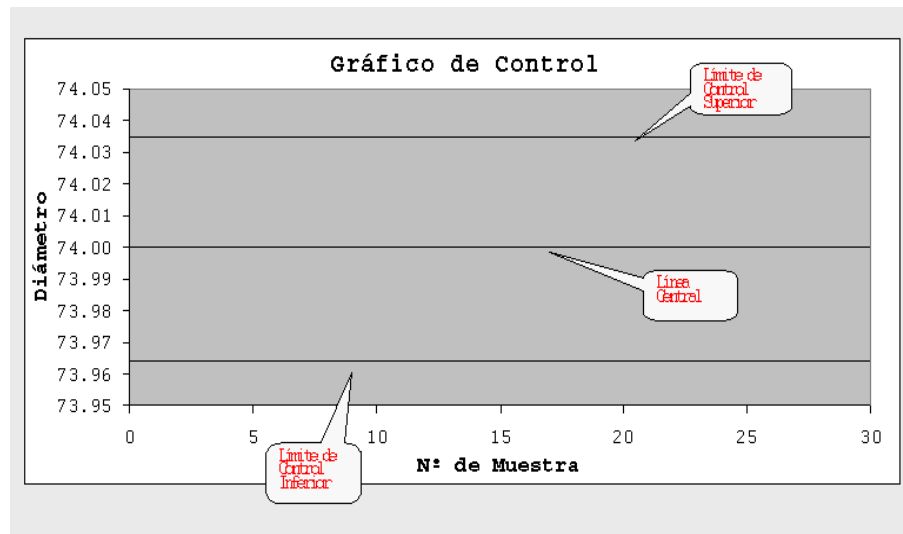


Figura 2.1 Límites de control.

Todo esto se puede resumir con las siguientes formulas

$$LSC = E(C) + k\sqrt{Var(C)}$$

$$LC = E(C)$$

$$LIC = E(C) - k\sqrt{Var(C)}$$

(2.4)

Donde k es el número de desviaciones estándar que los límites de control se alejan de la LC. En el modo general, $E(C)$ es la media del característico de calidad y $\sqrt{Var(C)}$ es la desviación estándar.

2.5.3 Gráficas de control X R

Las gráficas de control X nos representan la variabilidad que existe en un proceso con respecto a la media obtenida de una muestra. Donde es importante recalcar que esta se

representa por tres límites: central, inferior y superior. En la figura 2.2 se pueden observar los límites de control utilizados en este tipo de gráficas.

Las gráficas de control R representan la variación entre los rangos de los subgrupos lo que permite detectar cambios en la amplitud o magnitud de la variación del proceso, y la representamos como se muestra en la figura 2.3.

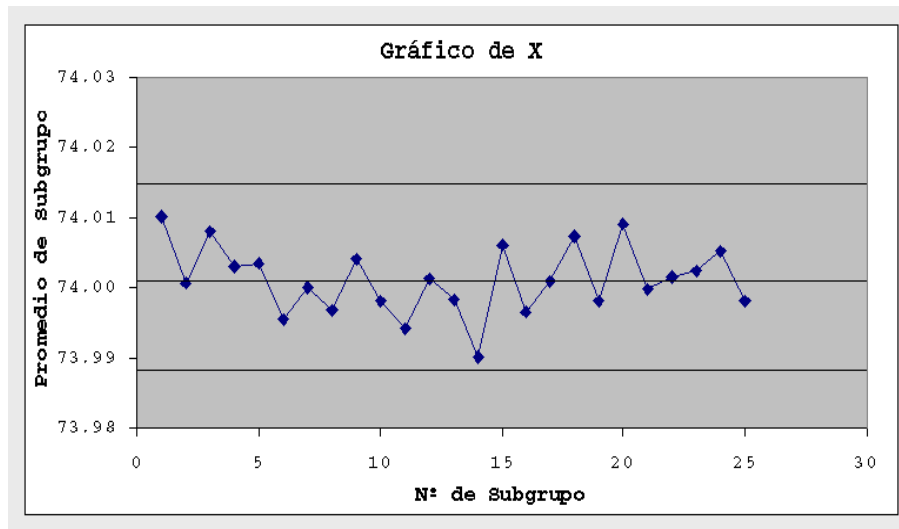


Figura 2.2 Representación grafica X

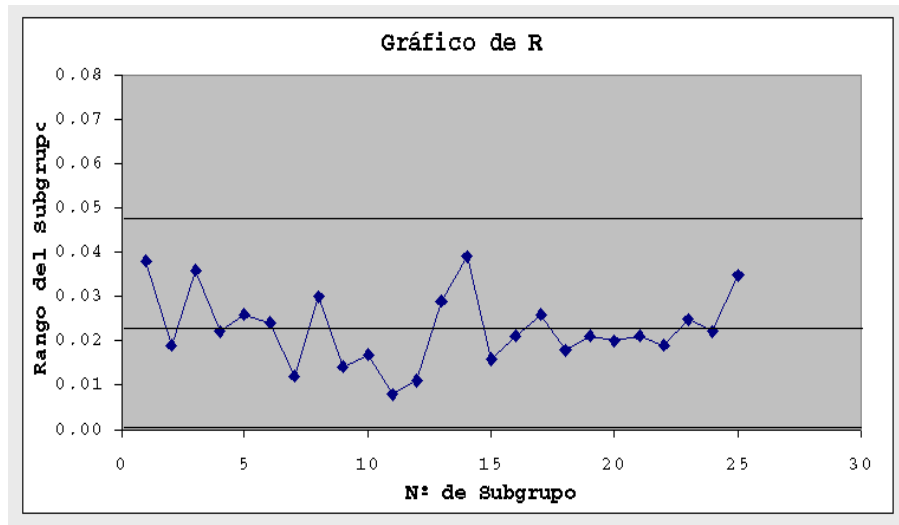


Figura 2.3 Gráficas de R

Supongamos que una característica de calidad tiene una distribución normal con una media conocida μ y una desviación estándar, σ , que se va a medir, si se toma una muestra de tamaño n , se puede calcular

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (2.5)$$

De acuerdo con el teorema del límite central se sabe que $\bar{X}$ se distribuye como $N(\mu, \sigma_{\bar{X}})$, es decir que tiene una distribución normal, con una media μ y una desviación estándar $\sigma / \sqrt{n}$.

La probabilidad de que una media muestral caiga entre el límite superior de control (LSC) dado por

$$LSC = \mu + Z_{\frac{\alpha}{2}} \sigma_{\bar{X}} = \mu + \frac{Z_{\frac{\alpha}{2}} \sigma}{\sqrt{n}} \quad (2.6)$$

Y el límite inferior de control LIC dado por

$$LIC = \mu - Z_{\frac{\alpha}{2}} \sigma_{\bar{X}} = \mu - \frac{Z_{\frac{\alpha}{2}} \sigma}{\sqrt{n}} \quad (2.7)$$

Por lo general $Z_{\frac{\alpha}{2}}$ se establece a 3 para obtener límites de control de 3 sigmas. Si $\bar{X}$ está arriba del LSC o bajo del LIC, la media está fuera de control.

Se calcula la media muestral $\bar{X}$, de cada muestra, luego se determina un estimado de μ con base en el gran promedio o

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{X}_i}{m} \quad (2.8)$$

Este estimado de μ , $\hat{\mu}$ se usa como la línea central de la gráfica $\bar{X}$. Es decir

$$LC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} \quad (2.9)$$

El método de recorrido es el más utilizado para una muestra de tamaño n con las observaciones $X_1, X_2, \dots, X_n$, el recorrido está dado por

$$R = X_{\max} - X_{\min} \quad (2.10)$$

La distribución del recorrido relativo, W, se conoce bien si el muestreo se hace a partir de una distribución normal. Entonces

$$W = \frac{R}{\sigma} \quad (2.11)$$

La media o el valor esperado de W está dado por d_2 , el cual es un patrón establecido en la

$$\sigma = \frac{R}{W}$$

$$E(\sigma) = \hat{\sigma} = E \frac{R}{W} = E \frac{E(R)}{E(W)} = \frac{E(R)}{d_2} \quad (2.12)$$

Ahora $E(R) = \bar{\bar{R}}$, donde

$$\bar{\bar{R}} = \frac{\sum_{j=1}^m R_j}{m}$$

(2.13)

Por último se puede obtener un estimador de σ conforme

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

(2.14)

2.5.4 Gráficas de control por atributos

En este subcapítulo se estudiarán tres tipos de gráficas de control por atributos las cuales son: gráficas p para la fracción defectuosa como disconforme, gráficas c para el número de disconformidades y las gráficas u para el número de disconformidad por unidad.

Al igual que las cartas de control por variables estas brindan los registros necesarios del proceso analizado con el fin de realizar decisiones del mismo de una forma más acertada para la mejorar las condiciones del proceso.

Un atributo se puede definir como una característica de calidad que se apega o no a una especificación preestablecida.

2.5.4.1 Gráficas p para la fracción rechazada

Las gráficas de control por atributos más utilizada es la gráfica p, esta carta muestra las variaciones en la fracción o proporción de artículos defectuosos en una muestra o subgrupo. Este tipo de gráfica se pueden utilizar desde una parte del proceso hasta el mismo proceso completo, de igual manera se utiliza en cualquier tipo de atributo estableciendo el índice de pasa o no pasa o conforme o disconforme.

La base de la gráfica de control p es la distribución binómico. Esta distribución supone una probabilidad constante de ocurrencia del fenómeno que se estudia, es decir, del rechazo de un artículo. Para asegurar esta probabilidad constante, los artículos deben ser independientes.

La idea de las gráficas de control se fundamenta en lo siguiente:

De cada lote del proceso se toma una muestra representativa de tamaño definido. Las piezas seleccionadas de cada subgrupo o muestras son evaluadas en base a sus características de calidad y con ello determinar si cuentan con algún defecto. Si se encuentran piezas defectuosas en el subgrupo analizado de determinado lote de producción, se analiza mediante las gráficas p la variación existente en la proporción analizada, se determina de la siguiente manera:

$$p_i = \frac{d_i}{n_i} \quad (2.15)$$

Donde, d es el número de unidades defectuosas, n, número de piezas del subgrupo y p es la proporción de unidades defectuosas.

Una vez establecida la formula anterior es necesario establecer los límites de control los cuales se resumen en la siguiente ecuación.

$$\begin{aligned} LSC &= p + 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \\ LC &= p \\ LIC &= p - 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \end{aligned} \quad (2.16)$$

El procedimiento de operación se lleva de la siguiente forma; se toma una determinada muestra del proceso que se desea evaluar, calcular los valores de p y registrarlos en la gráfica p. Si los datos registrados caen dentro de los límites de control y el comportamiento se observa de forma aleatoria se dice que el proceso está en control, de lo contrario se dice que el proceso está fuera de control.

Cuando el proceso se encuentra fuera de control se buscan las posibles causas asignables de causa de variación y realizar los cambios necesarios al proceso para erradicar esta variación y por ende lograr el control estadístico del proceso.

Las ecuaciones análogas a la ecuación 6.5 son:

$$\begin{aligned} LSC &= \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \\ LC &= p \\ LIC &= \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \end{aligned} \quad (2.17)$$

Cabe señalar que $\bar{p}$ se usa como un estimado para el valor desconocido de p . Lo anterior se da cuando se desconoce el valor o no se da un valor estándar del proceso.

Los valores que dan la ecuación anterior son los límites de control tentativos.

2.5.4.2 Gráficas de control para defectos c

El objetivo de las gráficas de control c , es delimitar y determinar todos aquellos defectos posibles en una determinada unidad de muestra. En general se pueden elaborar gráficas de control para el número total de defectos o el promedio de los mismos en una unidad. Estas gráficas de control toman como principio base la distribución de poisson, en supuesto de que el número de oportunidad de defecto es grande y la probabilidad de ocurrencia es pequeña y constante, y la unidad de inspección es la misma para cada muestra.

El número de defectos, sigue la distribución de poisson como sigue

$$p(x) = \frac{c^x e^{-c}}{x!} \quad (2.18)$$

Cabe mencionar que la unidad de inspección puede ser un solo producto o un conjunto de unidades iguales. Una gráfica de control de defectos c , con límites de 3 sigmas, dado un valor estándar c , está determinada por

$$\begin{aligned} LSC &= C + 3\sqrt{C} \\ LC &= c \\ LSC &= C - 3\sqrt{C} \end{aligned} \quad (2.19)$$

Donde c es el número de defectos por subgrupo, se debe recalcar, cuando el valor de $LIC < 0$, se establece $LIC = 0$.

Cuando no se da el c estándar, se utiliza el número promedio de defectos $\bar{c}$ de una muestra preliminar. Esto se representa de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} LSC &= \bar{C} + 3\sqrt{\bar{C}} \\ LC &= \bar{C} \\ LSC &= \bar{C} - 3\sqrt{\bar{C}} \end{aligned} \quad (2.20)$$

Todo esto se estima durante un estudio inicial al dividir el total de defectos encontrados entre el total de subgrupos.

2.5.4.3 Gráficas de control para el número de defectos por unidad u

A diferencia de las gráficas de control u donde el número del subgrupo es constante, en las gráficas de control u , el tamaño de subgrupo es variable lo cual trae como consecuencia que se analice por separado cada uno de estos. En el cual en cada subgrupo se graficará el número de defectos por unidad, lo cual se obtiene al dividir el total de defectos entre el tamaño del subgrupo. Matemáticamente esto se expresa de la siguiente manera:

$$U_i = \frac{C_i}{n_i}$$

Donde c es la cantidad de defectos en el subgrupo, n es el tamaño de subgrupo. Una vez que se obtiene el valor de u es necesario calcular la media y la desviación estándar del mismo, lo cual se obtiene de la siguiente manera:

$$\bar{U} = \frac{\text{Total de defectos}}{\text{Total de defectos inspeccionados}}$$

$$\sigma_{u_i} = \sqrt{\frac{\bar{U}}{n}}$$
(2.21)

Y los límites de control se obtienen de la siguiente manera:

$$LSC = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

$$LC = \bar{u}$$

$$LIC = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$
(2.22)

Se pueden manejar dos situaciones, cuando el tamaño de subgrupo es diferentes se puede utilizar la media de todos los subgrupos evaluados, o de igual manera se puede analizar cada grupo por separado.

2.6 Estado de un proceso: capacidad y estabilidad

Conocer si un proceso cumple con las especificaciones de diseño o especificaciones naturales, es una de las tareas primordiales para cumplir con las características de calidad requeridas. Lo cual se puede definir de la siguiente manera; el proceso de fabricación de un producto x se determinará primeramente por el diseño del mismo, donde se enfatizan sus especificaciones y tolerancias permitidas en virtud de una característica particular del mismo, durante la etapa de producción se ajustan todos los elementos necesarios para cumplir con dichas especificaciones y por último se inspecciona para verificar si se cumple con esas especificaciones. Es aquí donde entra el control estadístico del proceso para poder

monitorear que se cumplan estas especificaciones mediante técnicas estadísticas y en base a esto obtener un estatus del proceso o producto analizado.

Capacidad del proceso se puede definir como la habilidad del proceso para cumplir con las especificaciones o tolerancias preestablecidas en el diseño del mismo.

2.6.1 Límites de tolerancia natural de un proceso.

Cuando se aplica cualquier técnica estadística, es necesario establecer algunas hipótesis bajo las cuales se va a desarrollar el análisis. En primer lugar, se supone que la característica de calidad es una variable aleatoria continua y de distribución normal. En segundo lugar, se considerare que el proceso está bajo control estadístico, es decir que la variabilidad se debe solamente a un sistema constante de causas aleatorias, sin intervención de causas asignables.

Al realizar una sucesión de mediciones de una característica de calidad sobre muestras del producto fabricado, se encuentra que los valores fluctúan alrededor de un valor central, lo que se conoce como fluctuación natural y esperable del proceso. Esta variación se debe a un conjunto muy grande de causas que afectan el proceso, cuyo efecto individual es pequeño y que actúan en forma aleatoria. La fluctuación natural del proceso es diferente al mismo y no puede eliminarse, sólo puede reducirse realizando modificaciones al proceso. Puede cuantificarse a través de la desviación estándar del mismo, con la cual se pueden determinar los límites de tolerancia natural del proceso, los cuales no pueden fijarse voluntariamente sino que dependen del proceso y de las variables no controlables del mismo. Generalmente se toma un rango para la fluctuación natural de 6 sigmas.

Los límites de especificación de un producto son fijados voluntariamente por el cliente, por el fabricante o por alguna norma. Constituyen un requisito a cumplir por el producto y no se deben confundir en ningún caso con los límites de control o con los límites de tolerancia natural del proceso.

De acuerdo con el Manual de Herramientas Básicas para el Análisis de Datos (1990), la capacidad simple o potencial del proceso (C_p), relaciona la diferencia entre los límites de especificación permitidos (LSE–LIE), con la diferencia algebraica de tres veces la desviación estándar a la izquierda y a la derecha de la media, lo que resulta en 6 σ (seis sigma). [8].

2.6.2 Índice C_p

El índice de capacidad del proceso C_p se define por la siguiente fórmula:

$$\hat{C}_p = \frac{TS - TI}{6 \times \hat{\sigma}} \quad (2.23)$$

Donde C_p es la capacidad del proceso, TS, y TI son los límites de la característica de calidad evaluada y 6 sigmas representan la variación real permitida.

Solo para las especificaciones superiores, unilaterales, el ICP se define como:

$$\hat{C}_{p,superior} = \frac{TS - \hat{\mu}}{3 \times \hat{\sigma}} \quad (2.24)$$

Y para las especificaciones inferiores, unilaterales, el ICP se define como:

$$\hat{C}_{p,inferior} = \frac{\hat{\mu} - TI}{3 \times \hat{\sigma}} \quad (2.25)$$

Como ya se mencionó el ICp nos permite evaluar al proceso en relación a las especificaciones de diseño establecidas. Se dice que cuando se tiene un C_p igual a uno indica que los límites de especificación son igual a los limites naturales del proceso. Por consecuencia si es menor se dice que no cumple con las especificaciones de diseño.

Un valor del índice de capacidad del proceso *acceptable* no es algo de carácter general. Las metas de una empresa así como el sector o centro de producción afectando incluso el proceso en observación, pueden contar con diferentes objetivos diferentes para el índice. Sin embargo, al menos un experto académico recomienda lo siguiente [12]:

Tabla 2.1 Cp diferentes procesos

Caso	Recomendación de capacidad mínima de proceso para especificaciones con 2 límites	Recomendación de capacidad mínima de proceso para especificaciones con 1 límite
Proceso existente	1.33	1.25
Proceso nuevo	1.50	1.45
Parámetros críticos o de seguridad para procesos existentes	1.50	1.45
Parámetros críticos o de seguridad para procesos nuevos	1.67	1.60
Proceso de calidad de Six Sigma	2.00	2.00

2.6.3 Índice CPk

Calcula lo que el proceso es capaz de producir si el objetivo del proceso está centrado entre los límites de la especificación. En caso de que la media del proceso no esté centrada, $\hat{C}_p$ sobreestima la capacidad del proceso. $\hat{C}_{pk} < 0$ si la media del proceso se sitúa fuera de los límites de especificación. Presupone que el resultado del proceso esta aproximadamente distribuido de forma normal.

$$\hat{C}_{pk} = \min \left[\frac{TS - \hat{\mu}}{3 \times \hat{\sigma}}, \frac{\hat{\mu} - TI}{3 \times \hat{\sigma}} \right] \quad (2.30)$$

Donde TS es el límite superior de las especificaciones, $\hat{\mu}$ la media del proceso, TI el límite inferior y $\hat{\sigma}$ la desviación estándar del proceso.

Capítulo III Metodología

Introducción

Llevar a cabo la implementación de la metodología SPC de forma adecuada brinda la posibilidad de conocer de forma directa la variación presente del proceso, además, las herramientas necesarias para eliminar dicha variación presente.

El presente trabajo de tesis tiene como objetivo implementar dicha metodología en la empresa Broan Building Products México, en específico el área de fabricación en los números de parte siguientes: 98009814, 680493, 651967, 661803 y 661714.

El análisis e implementación de la metodología SPC en el área mencionada, se inicia con un esquema representativo del proceso de fabricación con el objetivo de conocer cada una de las operaciones realizadas en el mismo, una vez que se identifica y comprende el objetivo del proyecto es necesario llevar un pre análisis de la variación presente en el proceso como punto de partida de la metodología SPC. Después que se entiende el comportamiento del esté, se realizara un diagrama de operaciones necesarias para implementar dicha metodología, los tres puntos mencionados son la primera parte de este trabajo. La segunda parte comprende agrupar las piezas que serán analizadas, como se evaluarán, es decir, las características necesarias a medir y una vez teniendo estas referencias es necesario llevar un análisis actual de la metodología SPC en fabricación. La última parte prácticamente involucra como se llevara la recolección de los datos, como se analizarán y como se llevara a cabo las mejoras al proceso.

3.1 Esquema del proceso de fabricación

Para desarrollar de una forma óptima y correcta cada una de las actividades o procesos evaluados en este tema de tesis, es necesario analizar cada uno de los subprocesos que lo comprenden con el objetivo de realizar un análisis más estructurado, lo cual permita tomar mejores decisiones cuando se estén evaluando las posibles causas de variación en el proceso.

3.1.1 Esquema del proceso de fabricación (actividades necesarias para este proceso)

Con el fin de comprender el proceso de fabricación de la manera correcta, se recomienda comprender los procesos o subprocesos que se requieren para obtener los ensambles o números de parte en esta área. Primeramente, se describirá el proceso de fabricación de forma breve para lograr un mejor entendimiento del mismo.

El proceso de fabricación se destaca por el estampado o troquelado con prensas automáticas y semiautomáticas, es decir, darle una forma determinada a cierta lámina de acero inoxidable con dichos mecanismos. A continuación se muestra una prensa automática utilizada para este proceso.



Figura 3.1 Prensa automática 1206

En la figura 3.1 se puede observar una prensa automática con las siguientes características:

VERSON C2-300-84-48 SSDC PRESS, DATE OF MFG. 1975, STK#101709

Especificaciones:

Capacidad: 300 toneladas

Área de cama: 84" X 48"

Área de ram: 84" X 48"

Recorrido de ram: 10"

Velocidad: 18-36 rpm variable

Equipada con: clutch de aire, freno de aire, counterbalance de aire, sensor óptico y control marca Wintress smart pac.

La figura 3.2 representa cada una de las partes principales de una prensa automática, además con un troquel instalado.



Figura 3.2 Prensa automática y sus partes principales

Se definen cuatro elementos principales de una prensa automática, esto por la repercusión que tiene durante el ajuste o setup de la maquina al fabricar determinada pieza:

1. Troquel o dado
2. Área de cama: 84" X 48"
3. Área de ram: 84" X 48"
4. Control marca Wintress smart pac.

El funcionamiento de una prensa se define de la siguiente manera: se coloca troquel en el área de la cama donde se ajusta según las necesidades de fabricación, se configura el control de acorde a lo que vas a fabricar, por ejemplo, la presión que se ejercerá en el troquel etc. Una vez que se configuran estos elementos se enciende la prensa donde se realiza un movimiento vertical del ram, el cual genera la presión en el troquel dando la forma a un determinado material, en este caso a una lámina de acero inoxidable. A continuación se representa un troquel utilizado en el proceso de fabricación de un determinado número de parte.



Figura 3.3 Troquel

El troquel mostrado en la figura 3.3 es un ejemplo de los utilizados en el proceso de fabricación, el cual da forma al número de parte 651972G2 (motor bracket).



Figura 3.4 Motor Bracket (651972G2)

Como se mencionó, la figura 3.4 muestra un ejemplo de las piezas de las que se fabrican en esta área. Es necesario identificar cual es la materia prima que alimenta la prensa, en este caso se determina que es acero inoxidable el cual se alimenta de la siguiente manera.



Figura 3.5 Colocación de rollo

La figura 3.5 representa la primera etapa de alimentación de materia prima, se coloca rollo de acero inoxidable en portarrollos, de allí se pasa a una segunda etapa que es un enderezador, el cual tiene como función darle forma horizontal a la hoja de acero inoxidable.



Figura 3.6 Enderezador de rollo

El enderezador presente en la figura 3.6, es uno de los elementos que se ajustan para evitar problemas de calidad en el proceso. La tercera etapa de alimentación de materia prima, depende de un alimentador el cual se encuentra en la entrada de la prensa automática el cual en conjunto con el enderezador son los encargados de regular la velocidad de alimentación de materia prima, en este caso lamina de acero inoxidable.



Figura 3.7 Alimentador de rollo

La figura 3.7 muestra el alimentador utilizado en las prensas automáticas, con esto se concluye el ciclo de alimentación de materia prima a la prensa. Una vez que se analiza la entrada de materia prima y el proceso de troquelado, es conveniente determinar cómo se obtiene la salida del proceso. Cuando se troquea la pieza es necesario saber dónde queda el producto del proceso, para esto es necesario colocar una banda transportadora a la salida de la prensa donde al final del conveyor es acomodada por el operador, o en efecto, cae agranel en un contenedor esto en virtud del número de parte que se fabrica, esto se representa en la figura 3.8.



Figura 3.8 Salida producto final

Comprendido el proceso de fabricación es necesario determinar aquellas actividades que repercuten de forma directa en la metodología SPC, a continuación se describen estas operaciones:

1.- Inspección de rollo

Operación de gran importancia debido al peso que se le atribuye en el proceso de fabricación, por ser la materia prima del mismo. Contar con la calidad suficiente y requerida en los rollos de acero inoxidable brinda una probabilidad de éxito elevada, disminuyendo los desperdicios de materia prima y por ende los costos de fabricación.

A continuación se muestra la figura 3.9 la cual representa un rollo de acero inoxidable de la marca Mexinox utilizado en el proceso de fabricación para la elaboración de determinada pieza necesaria para el ensamble del producto final: campana de cocina.

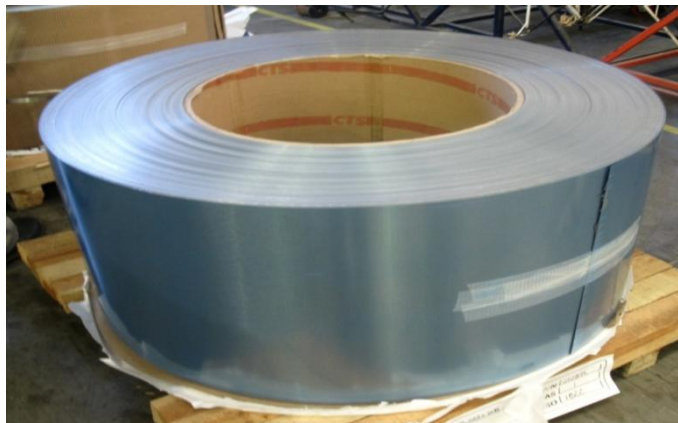


Figura 3.9 Rollo de acero inoxidable

Enseguida se argumenta de forma general el procedimiento para llevar a cabo esta operación:

- Se compara físicamente que coincida el rollo con la orden de envío
- Se desempaca rollo
- Se elabora formato de inspección
- Se mide espesor, dureza, ancho, linealidad, abolladuras, rayas etc.
- En base a inspección se acepta o rechaza lote.

2.- Setup de máquina

En esta actividad u operación se llevan a cabo todos los ajustes necesarios a la prensa automática, esto, cuando se realiza cambio de troquel (dado). Involucra alinear adecuadamente el dado o troquel con el objetivo de fabricar piezas de gran calidad cumpliendo con las especificaciones de diseño. Principales actividades que involucra el setup o cambio de herramienta:

- Limpieza de troquel o dado
- Carga de troquel en cama de prensa
- Ajuste de ram de prensa
- Amarre de troquel
- Prueba de estaño
- Ingresar lamina a prensa

3.- Setup de rollo

Realizar cambio de rollo en prensas automáticas es una tarea que requiere de gran cuidado e importancia, debido a que un mal ajuste del mismo, provocaría problemas al momento de troquelar una pieza. Posteriormente se muestran las actividades necesarias para llevar a cabo el cambio de rollo en las prensas:

- Sujetar rollo frente a grúa
- Levantar rollo con banda metálica
- Alinear rollo hacia arriba para que entre sin ningún problema en el alimentador
- Centrar rollo en portarrollos y ajustarlo
- Quitar cualquier protección de rollo
- Tomar punta de rollo y colocarla en la entrada del enderezador
- Una vez que sale punta de rollo en salida del enderezador tomarla y colocarla en la entrada de alimentador para calibrarla



Figura 3.10 Colocación de rollo

La colocación del rollo en el portarrollos es de gran relevancia, en la figura 3.10 se observa un rollo colocado de igual manera la grúa que se utiliza para montarlo. Esta imagen sirve para dar fe al procedimiento de setup de rollo.

4.- Inspección de primer artículo

Realizados los ajustes mayores a las prensas automáticas es necesario validar la primera pieza que se troquela, es decir, que cumpla con las especificaciones establecidas en el diseño de la misma, esta validación se registra en formato primera pieza para inspector, donde se lleva a cabo la anotación de las dimensiones críticas a medir. Cuando se miden estas dimensiones y se encuentran dentro de las especificaciones se da por hecho que prensa está lista para producir el lote piezas planeadas.



Figura 3.11 Mesa medición y primer artículo

La figura 3.11 muestra el área donde se realizan las mediciones para la metodología SPC al igual para la liberación de primer artículo.

3.2 Rendimiento y comportamiento actual del proceso

Primeramente es necesario definir las actividades que involucran el proceso en sí, en este caso se tienen solo un proceso general el cual se define de la siguiente manera: fabricación, donde se realizara un análisis de rendimiento y comportamiento que presentan antes de implementar la metodología de SPC.

3.2.1 Área de fabricación

Área de vital importancia, ya que en esta se lleva prácticamente la transformación de la materia prima a cada una de las partes metal mecánicas que conforman una campana de cocina. Área donde el SPC es necesario para cumplir con las especificaciones de los clientes internos, refiriéndose a los procesos que requieren del proceso de fabricación para poder llevar a cabo las operaciones que competen a estos procesos, y los clientes externos, los cuales se identifican como aquellos que obtienen el producto final y determinan las especificaciones del producto mencionadas.

Cumplir con las especificaciones de diseño es una tarea difícil de cumplir, mas sin embargo no imposible, allí la importancia de eliminar toda aquella variación presente en el proceso, con el objetivo de cumplir con las especificaciones ideales de diseño.

Actualmente las tolerancias de variación permitidas para los diferentes números de parte están diseñadas de una manera que no afecte el proceso, todo esto respaldado por las exigencias del cliente, el cual da la pauta para poder manipular el rango de tolerancia mencionado.

En la actualidad el proceso de fabricación es un área donde la implementación de la metodología SPC no se lleva a cabo de una forma correcta, por tal motivo se desconoce de forma real el comportamiento y rendimiento del mismo, provocando actividades extras que

no le dan valor al producto terminado, por ejemplo retrabajo y desperdicio de materia prima.

El proceso de fabricación prácticamente se desarrolla con prensas automáticas y semiautomáticas, donde es necesario recalcar que única y exclusivamente se implementara la metodología SPC en las prensas automáticas las cuales se estudiaran más adelante.

Partiendo de los datos que se recabaron en meses anteriores pero de manera escueta se obtendrá un análisis de estabilidad y capacidad del proceso de ciertos números de parte que se fabrican en esta área, es decir, se seleccionan de forma aleatoria con la finalidad de determinar las condiciones en las que se encuentra nuestro proceso.

Como se ha mencionado la metodología SPC en el área de fabricación se pretendió implementar, de esta iniciativa se formuló un método de muestreo para metodología, el cual se define de la siguiente manera: se establece un formato donde se deben medir de 5 a 4 dimensiones críticas o de mayor relevancia para el proceso, estas se deben de muestrear cada dos horas lo cual en algunos casos resulta ineficiente por la cantidad de muestras que se pueden obtener. De tal manera que se toman estos datos ya obtenidos del proceso los cuales se observan desordenados e incompletos. El término dimensiones críticas será analizado y presentado de forma detallado en capítulos posteriores, en este momento entender este termino de forma general es importante, el cual se define como: dimensiones que pueden tener más repercusión en los procesos subsecuentes debido al grado de variación menor que debe de existir en estas, con el objetivo de incrementar la calidad y eliminar los desperdicios.

Después de realizar un análisis de estabilidad y capacidad del proceso en el programa minitab 15 se puede observar que nuestro proceso no es estable en algunos números de parte analizados, es importante recalcar que para efecto de este cálculo los datos proporcionados no son suficientes, en algunos casos lo cual nos representa un análisis no confiable, pero de igual manera sirve como punto de referencia para identificar las condiciones de variabilidad presente en el proceso.

Es importante remarcar que toda esta información obtenida del proceso fue proporcionada por el departamento de calidad de la empresa, mencionando que se entregaron los formatos de registro de dimensiones críticas tal como las realizó el operador de cada una de las prensas, de allí se agrupan por números de parte y se capturan en programa de minitab 15, en el mismo programa se genera un análisis de estabilidad y capacidad del proceso como se hace mención en el párrafo anterior.

En el anexo 1 se representa la capacidad del proceso de las prensas automáticas localizadas en el área de fabricación, donde se enlistan los números de parte analizados y el status de cada uno de ellos. Se observa que los datos obtenidos resultan mínimos, en algunos casos, por tal motivo el estudio del comportamiento del proceso mencionado es poco confiable. Primeramente se analiza la prensa 1301, donde es visible la gran variedad de números de parte que se fabrican en esta, de igual manera los resultados obtenidos en esta prensa son muy pocos debido al tamaño de lote que se corren en la misma, lo cual se hará referencia más adelante. En el análisis de las prensas restantes, se puede observar que se puede llevar más rápido, debido a la cantidad de números de parte que se fabrican en estas, son pocos y el tamaño de lote que se fabrican son de un tamaño considerable para llevar un buen análisis de control estadístico del proceso.

De lo anterior se puede concluir enfatizando en este pre análisis generalizado, la necesidad de implementar de forma adecuada la metodología SPC, partiendo de la documentación necesaria, un buen plan de muestreo y compartir con los operadores la importancia de implementar esta metodología, para lograr los objetivos presentados en este trabajo de tesis.

3.3 Diagrama de operaciones involucradas con la metodología SPC

Llevar a cabo la implementación de la metodología SPC requiere de un procedimiento estructurado, organizado y documentado con el objetivo minimizar la variación de un proceso y reducir todas aquellas actividades que no le dan valor al producto. Por tal motivo, es necesario delimitar las actividades u operaciones necesarias para llevar a cabo dicha metodología, para cumplir con los objetivos planteados.

En la figura 3.13 se observan las operaciones necesarias para llevar a cabo la metodología SPC en el proceso de fabricación, recalcando la implementación única y exclusivamente en prensas automáticas.

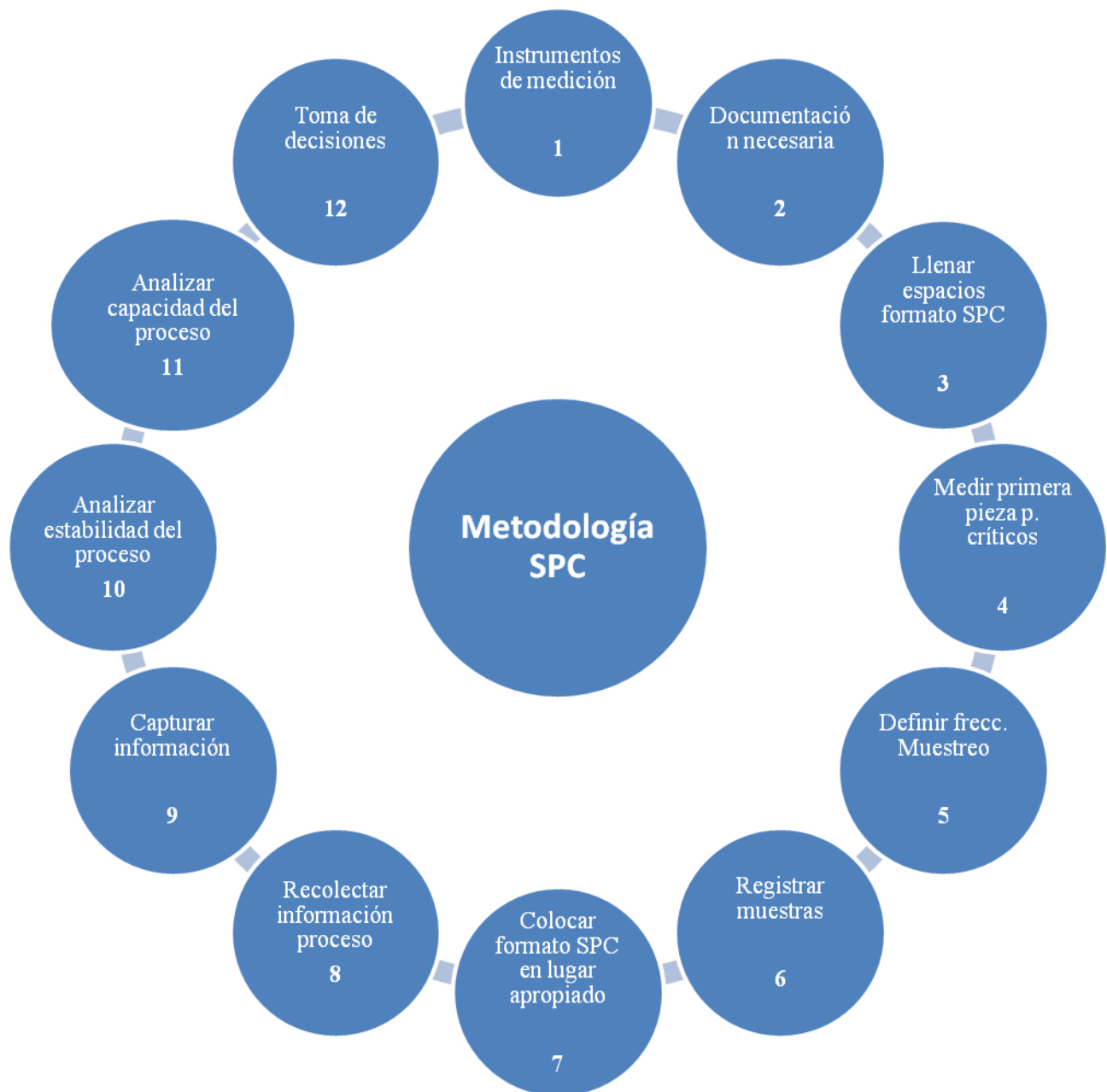


Figura 3.13 Diagrama de operaciones SPC fabricación

1.- Verificar que se cuente con los instrumentos de medición necesarios.

Como punto de partida es necesario contar con los instrumentos de medición necesarios por ejemplo vernieres de 12" y 24".

2.- Verificar que se cuente con la documentación necesaria.

La documentación necesaria para llevar a cabo esta metodología prácticamente se define en formato de registro SPC y dibujo técnico de cada uno de los números de parte con los puntos críticos a medir.

3.- Llenar los espacios necesarios en formato SPC.

Una vez que se cuenta con la documentación necesaria, es necesario vaciar la información necesaria de inicio en formato SPC por ejemplo: fecha, numero de parte, numero de prensa etc.

4.- Tomar primera pieza y registrar en formato SPC los puntos críticos a medir.

Después de terminar los ajustes a la prensa y se realiza una corrida piloto se verifica si la primera pieza cumple con las especificaciones deseadas, si es correcta esta aseveración se procede a vaciar información en formato de registro SPC de cada uno de los puntos críticos a medir.

5.- Definir la frecuencia de muestreo en base al plan de muestreo establecido al reverso de formato SPC. Una vez terminado el primer registro en formato SPC realizas un muestreo de acuerdo a lo establecido.

6.- Registrar las muestras de acorde al plan de muestreo.

Llevar a cabo el registro de las muestras en base a un plan de muestreo establecido sin omitir ninguna de ellas salvo se presente algún evento especial.

7.- Colocar formato SPC en lugar apropiado.

Una vez que llevaste acabo los registros necesarios para la metodología SPC de acorde a un plan de muestreo establecido se procede a colocar tu hoja de registros a un lugar determinado para que esta sea recolectada por el personal designado.

8.- Recolectar información generada del proceso.

Recolectar los formatos de registro SPC por el personal designado con el propósito de iniciar el tratamiento del análisis.

9.- Capturar información generada.

Una vez recolectada la información necesaria para llevar el análisis se procede llevar a cabo la captura de los datos en el software requerido.

10.- Analizar estabilidad del proceso.

Una vez capturados los datos se procede a llevar el análisis en el programa minitab 15, el primer análisis conlleva calcular la estabilidad del proceso mediante cartas de control.

11.- Analizar capacidad del proceso.

Ya que se lleva a cabo el análisis de estabilidad se procede a llevar un segundo análisis de capacidad es decir verificar si nuestro proceso es capaz.

12.- Toma de decisiones en base a resultados obtenidos.

La toma de decisiones consiste en saber qué hacer en base a los resultados obtenidos en el análisis de estabilidad y capacidad del proceso.

13.- Mejora del proceso.

Se realiza un análisis grupal para tomar una mejor decisión y lograr la mejora planteada del proceso.

3.4 Matriz de productos

La matriz de productos analizados, se establece en base a la variación que presentan cada uno de los productos o números de parte fabricados en cada una de las áreas estudiadas, en este caso fabricación, es el área donde este criterio toma más fuerza debido al gran número de partes que se producen en este proceso. Las áreas de soldadura y pintura producen pocos números de parte por tal motivo se toman en consideración todos.

3.4.1 Matriz de productos fabricación

Delimitar los números de parte que se elaboran en fabricación involucra tener conocimiento del área, por tal motivo de forma empírica se seleccionan todos aquellos productos que presentan más variabilidad o representan un grado mayor de defectos de calidad en relación a cada uno de ellos, es decir, se determina analizar con prioridad todos aquellos números de parte que presentan problemas en los procesos siguientes por mala calidad.

La tabla 3.1 muestra los números de parte que serán evaluados con la metodología SPC a través del tiempo, sin embargo en este proyecto solo se evaluarán los siguientes números de parte: 98009814, 680493, 651967, 661803 y 661714 con el objetivo de disminuir la variabilidad del proceso, logrando obtener un proceso estable y capaz brindando un nivel de calidad más elevado manteniendo y elevando la competitividad en el mercado. En general se puede observar la descripción y el número de parte como la prensa donde son fabricados cada uno de ellos.

Tabla 3.1 Números de parte fabricación

BBPM Number	Description	Press Primary
98009651	6" END PANEL CRS RT	1104
98009652	6" END PANEL CRS LF	1104
98009814	QT AIR CHAMBER PLATE, CRS	1104
98009815	QT AIR CHAMBER PLATE ELG, ALZ	1104
667521	AIR BOX QS - CRS ALLURE	1101
667522	AIR BOX SS ALLURE	1101
680493	LIGHT PANEL CRS-30	1101
680494	LIGHT PANEL CRS-36	1101
680495	LIGHT PANEL CRS-42	1101
680496	LIGHT PANEL SS-30	1101
680497	LIGHT PANEL SS-36	1101
680498	LIGHT PANEL SS-42	1101
651967	MTR BKT 6"	1205
651968	KO BRKT CRS	1205
651969	KO BRKT GALV	1205
661794	ALLURE WRAPPER 30	1301
661795	ALLURE WRAPPER 36	1301
661796	ALLURE WRAPPER 42	1301
661803	ALLURE FRONT 30 ss	1301
661804	ALLURE FRONT 36 ss	1301
661805	ALLURE FRONT 42 ss	1301
661714	ALLURE TOP & BACK -30 ss	1301
661715	ALLURE TOP & BACK -36 ss	1301
661716	ALLURE TOP & BACK -42 ss	1301
98010602	WRAPPER 30 6" CRS	1301
98010603	WRAPPER 36 6" CRS	1301
98010604	WRAPPER 42 6" CRS	1301
98010605	FRONT 30 6" SS	1301
98010606	FRONT 36 6" SS	1301
98010607	FRONT 42 6" SS	1301
98010608	TOP & BACK -30 6" SS	1301
98010609	TOP & BACK -36 6" SS	1301
98010610	TOP & BACK -42 6" SS	1301
669160	DAMPER COLLAR ALLURE	1301
98009696	6" DAMPER COLLAR	1301
680503	SCROLL BAND ALG	1301
680509	BLOWER WHEEL BAND S2/3	1301
98009811	QT AIR CHAMBER	1301
98009812	QT AIR CHAMBER ELG	1301
667527	WAM/BAM AIR CHAMBER SS	1301
667528	WAM/BAM AIR CHAMBER CRS	1301
669164	FAN BOX RS	1301
669165	FAN BOX ELG	1301

Continuación Tabla 3.1 Números de parte fabricación

BBPM Number	Description	Press Primary
680567	END CRS ALLURE	1206
680568	END CRS ALLURE	1206
680569	END SS ALLURE	1206
680570	END SS ALLURE	1206
651976	LIGHT BRACKET CRS	1302
651977	LIGHT BRACKET SS	1302
680507	SCROLL FRT CVR	1302
680504	WIRE COVER QS1	1302
680505	COVER SCROLL OUTLET QS2	1302

3.5 Análisis del proceso antes de implementar la metodología SPC

Realizar un análisis previo del sistema antes de realizar alguna modificación al mismo resulta muy satisfactorio, ya que brinda la posibilidad de entender y comprender el estado actual del mismo de una forma detallada, formular un plan estructurado y organizado con el objetivo de llevar a cabo la modificación de una manera más exitosa. A continuación se realiza un análisis del estado actual de los procesos analizados en el presente tema de tesis.

3.5.1 Análisis del proceso de fabricación antes de implementar la metodología SPC

Actualmente la metodología SPC en el proceso de fabricación se lleva con pocos fundamentos teóricos y prácticos, donde el monitoreo del proceso no se lleva de forma correcta, tendiendo a desconocer el comportamiento del proceso, creando un sistema ordinario donde los problemas por mala calidad se resuelven con acciones correctivas y no con acciones preventivas, provocando sin número de operaciones que no le dan valor al producto. A continuación se resume la situación actual del proceso de fabricación en los siguientes puntos.

- Plan de muestreo incompleto

Actualmente el plan de muestreo se lleva a cabo en periodos de dos horas, la frecuencia depende del tamaño de lote que se vaya a producir, es decir, todo gira alrededor del plan de producción o la orden a producir. En virtud del tiempo que se toman las muestras, resulta verdaderamente ineficiente este plan de muestreo, por ejemplo, si tienes un lote de mil

piezas a producir, y el tiempo en fabricare esta cantidad de piezas, de acuerdo al estándar de producción es de una hora, únicamente se recabaría una muestra, en este caso sería la primera, de allí la ineficacia de generación de datos.

- No se genera un análisis de estabilidad y capacidad

Una vez que se obtuvieron los datos del proceso, no se les da el trato necesario, debido a que no se realiza un análisis de estabilidad y capacidad del proceso con el objetivo de monitorear y conocer el mismo. Una vez implementada la metodología SPC podemos adentrar y conocer las deficiencias del proceso y en base a esto poder eliminarlas, de allí la importancia de implementar esta metodología de acorde a sus principios teóricos.

- No se cuenta con una buena cultura de calidad

Principal problema de toda organización, de este punto depende el éxito o fracaso de toda organización, la calidad se descuida y solo se piensa en producir, tener esta visión involucra ser menos competitivo en un mercado tan globalizado corriendo el riesgo de desaparecer del mercado. Mantener un alto nivel de calidad te hace ser más competitivo y por lo tanto mantenerte en el mercado. El panorama que presenta el proceso de estudio de esta tesis carece de muchos principios de calidad, no se piensa en mejora continua, solo en producir, en específico la metodología SPC no tiene el peso o la importancia que se le debe de dar, en ningún nivel, es decir, nivel operacional y gerencial.

La falta de monitoreo del proceso ocasiona diferentes problemas en el mismo, donde la variación no es comprendida y por lo tanto no es evaluada de forma correcta ocasionando problemas tales como:

- Se presentan problemas con las especificaciones de diseño

Existe un grado de variación representativo generando problemas de calidad en los procesos siguientes y en ocasiones generando retrabajo desperdicios de todo tipo.

- Problema de abolladura

Principal problema presentado en este proceso, no se ha llevado un análisis completo para dar solución a este problema.

- Marcas en las piezas producidas

Otro de los defectos representativos de este proceso, marcas de rodillo y por mal ajuste de la maquinaria y herramienta no se le ha encontrado solución al problema.

3.6 Determinar variables a medir del proceso de fabricación

En todo proceso es importante determinar las dimensiones críticas a medir, estas dimensiones se entienden como todas aquellas que afectan de manera directa en los procesos siguientes, es decir, aquellas que si se salen de sus dimensiones específicas repercuten de forma directa en el siguiente proceso generando desperdicios extras.

3.6 1 Determinar las variables a medir del proceso de fabricación

Determinar las dimensiones críticas del proceso de fabricación se desprende de la siguiente manera: primeramente se delimita la implementación de la metodología SPC se llevara a cabo en prensas automáticas, los números de parte que se fabrican en cada una de estas se seleccionan en base a los problemas que se han tenido con cada número de parte, las dimensiones críticas son establecidas en base a la experiencia de personal de producción y calidad, todo esto se resume en la siguiente tabla.

En la tabla 3.2 se muestran los números de parte que serán analizados con la metodología SPC, sin embargo en este proyecto de tesis solo se analizaran los siguientes números de parte: 98009814, 680493, 651967, 661803 y 661714. También se representan las dimensiones críticas a medir, a continuación se representara un ejemplo de un número de parte fabricado en esta área, donde se representan sus dimensiones críticas.

Tabla 3.2 Dimensiones criticas SPC

BBPM Number	Description	PUNTOS CRITICOS				
		1	2	3	4	5
98009651	6" END PANEL CRS RT	<u>0.149</u>	<u>6.844</u>	<u>18.959</u>	<u>12.864</u>	
98009652	6" END PANEL CRS LF	<u>0.149</u>	<u>6.844</u>	<u>18.959</u>	<u>12.864</u>	
98009814	QT AIR CHAMBER PLATE, CRS	<u>0.5</u>	<u>11.5</u>	<u>11.838</u>	<u>9.438</u>	
98009815	QT AIR CHAMBER PLATE ELG, ALZ	<u>0.5</u>	<u>11.5</u>	<u>11.838</u>	<u>9.438</u>	
667521	AIR BOX QS - CRS ALLURE	<u>0.125</u>	<u>90°</u>	<u>0.312</u>	<u>1.038</u>	90°
667522	AIR BOX SS ALLURE	<u>0.125</u>	<u>90°</u>	<u>0.312</u>	<u>1.038</u>	90°
680493	LIGHT PANEL CRS-30	<u>20</u>	<u>29.625</u>	<u>1.56</u>	<u>8.276</u>	
680494	LIGHT PANEL CRS-36	<u>20</u>	<u>35.625</u>	<u>1.56</u>	<u>8.276</u>	
680495	LIGHT PANEL CRS-42	<u>20</u>	<u>41.625</u>	<u>1.56</u>	<u>8.276</u>	
680496	LIGHT PANEL SS-30	<u>20</u>	<u>29.625</u>	<u>1.56</u>	<u>8.276</u>	
680497	LIGHT PANEL SS-36	<u>20</u>	<u>35.625</u>	<u>1.56</u>	<u>8.276</u>	
680498	LIGHT PANEL SS-42	<u>20</u>	<u>41.625</u>	<u>1.56</u>	<u>8.276</u>	
651967	MTR BKT 6"	<u>0.437</u>	<u>0.164</u>	<u>0.146</u>	<u>9.847</u>	
651968	KO BRKT CRS	<u>0.164</u>	<u>90°</u>	<u>2</u>	<u>2.735</u>	
651969	KO BRKT GALV	<u>0.164</u>	<u>90°</u>	<u>2</u>	<u>2.735</u>	
661794	ALLURE WRAPPER 30	<u>29.826</u>	<u>33.102</u>	<u>0.35</u>	<u>0.406</u>	<u>1.072</u>
661795	ALLURE WRAPPER 36	<u>35.826</u>	<u>33.102</u>	<u>0.35</u>	<u>0.406</u>	1.072
661796	ALLURE WRAPPER 42	<u>41.826</u>	<u>33.102</u>	<u>0.35</u>	<u>0.406</u>	1.072
661803	ALLURE FRONT 30 ss	<u>1.072</u>	<u>0.25</u>	<u>13.765</u>	<u>29.75</u>	<u>0.188</u>
661804	ALLURE FRONT 36 ss	<u>1.072</u>	<u>0.25</u>	<u>13.765</u>	<u>35.75</u>	<u>0.188</u>
661805	ALLURE FRONT 42 ss	<u>1.072</u>	<u>0.25</u>	<u>13.765</u>	<u>41.75</u>	<u>0.188</u>
661714	ALLURE TOP & BACK -30 ss	<u>19.95</u>	<u>29.826</u>	<u>0.35</u>	<u>0.406</u>	
661715	ALLURE TOP & BACK -36 ss	<u>19.95</u>	<u>35.826</u>	<u>0.35</u>	<u>0.406</u>	
661716	ALLURE TOP & BACK -42 ss	<u>19.95</u>	<u>41.826</u>	<u>0.35</u>	<u>0.406</u>	
98010602	WRAPPER 30 6" CRS	<u>29.75</u>	<u>28.656</u>	<u>0.312</u>	<u>0.406</u>	
98010603	WRAPPER 36 6" CRS	<u>35.75</u>	<u>28.656</u>	<u>0.312</u>	<u>0.406</u>	
98010604	WRAPPER 42 6" CRS	<u>41.75</u>	<u>28.656</u>	<u>0.312</u>	<u>0.406</u>	
98010605	FRONT 30 6" SS	<u>11.107</u>	<u>29.15</u>	<u>0.406</u>	<u>17</u>	
98010606	FRONT 36 6" SS	<u>11.107</u>	<u>35.75</u>	<u>0.406</u>	<u>17</u>	
98010607	FRONT 42 6" SS	<u>11.107</u>	<u>41.75</u>	<u>0.406</u>	<u>17</u>	
98010608	TOP & BACK -30 6" SS	<u>29.75</u>	<u>18.174</u>	<u>0.406</u>	<u>0.312</u>	
98010609	TOP & BACK -36 6" SS	<u>35.75</u>	<u>18.174</u>	<u>0.406</u>	<u>0.312</u>	
98010610	TOP & BACK -42 6" SS	<u>41.75</u>	<u>18.174</u>	<u>0.406</u>	<u>0.312</u>	
669160	DAMPER COLLAR ALLURE	<u>0.25</u>	<u>0.188</u>	<u>1.5</u>	<u>26.654</u>	
98009696	6" DAMPER COLLAR	<u>26.654</u>	<u>1.5</u>	<u>0.188</u>	<u>0.25</u>	
680503	SCROLL BAND ALG	<u>5</u>	<u>0.125</u>	<u>0.312</u>	<u>1.038</u>	1.173
680509	BLOWER WHEEL BAND S2/3	<u>1.5</u>	<u>27.172</u>	<u>26.495</u>	<u>0.25</u>	
98009811	QT AIR CHAMBER	<u>5.927</u>	<u>3.818</u>	<u>0.193</u>	<u>0.546</u>	
98009812	QT AIR CHAMBER ELG	<u>5.927</u>	<u>3.818</u>	<u>0.193</u>	<u>0.546</u>	
667527	WAM/BAM AIR CHAMBER SS	<u>5.927</u>	<u>0.365</u>	<u>0.193</u>	<u>0.09</u>	<u>1.5</u>
667528	WAM/BAM AIR CHAMBER CRS	<u>5.927</u>	<u>0.365</u>	<u>0.193</u>	<u>0.09</u>	<u>1.5</u>
669164	FAN BOX RS	<u>0.172</u>	<u>0.281 X .395</u>	<u>4.925</u>	<u>36</u>	
669165	FAN BOX ELG	<u>0.172</u>	<u>0.281 X .396</u>	<u>4.925</u>	<u>36</u>	

Continuación Tabla 3.2 Dimensiones críticas SPC

BBPM Number	Description	PUNTOS CRITICOS				
		1	2	3	4	5
680568	END CRS ALLURE	<u>7.234</u>	<u>0.374</u>	<u>112.03°</u>	<u>134.7°</u>	
680569	END SS ALLURE	<u>7.234</u>	<u>0.374</u>	<u>112.03°</u>	<u>134.7°</u>	
680570	END SS ALLURE	<u>7.234</u>	<u>0.374</u>	<u>112.03°</u>	<u>134.7°</u>	
651976	LIGHT BRACKET CRS	<u>1.437</u>	<u>0.328</u>	<u>0.140 X 0.188</u>	<u>1.823</u>	
651977	LIGHT BRACKET SS	<u>1.437</u>	<u>0.328</u>	<u>0.140 X 0.189</u>	<u>1.823</u>	
680507	SCROLL FRT CVR	<u>0.188</u>	<u>16.031</u>	<u>2.906</u>	<u>45°</u>	
680504	WIRE COVER QS1	<u>3.876</u>	<u>1.438</u>	<u>0.312</u>	<u>1.5</u>	
680505	COVER SCROLL OUTLET QS2	<u>4.976</u>	<u>0.188</u>	<u>1.27</u>	<u>10.42</u>	

Como se mencionó las dimensiones críticas son aquellas donde el margen de error debe de ser mínimo por la repercusión que tiene en los procesos siguientes. El anexo 2 representa el número de parte 98009814 con sus respectivas dimensiones críticas, las cuales son medidas en cada uno de los muestreos que realiza el operador cuando produce esta pieza, sirviendo como base para la metodología SPC.

3.7 Bosquejo de la generación de datos

La generación de datos es de gran relevancia para llevar a cabo la implementación de la metodología SPC, de igual manera es importante comprender y entender la exigencia de tomar las muestras con responsabilidad y profesionalismo por parte de los operarios. De allí surge la necesidad de documentar de forma clara y concisa la obtención de datos.

3.7.1 Bosquejo de la generación de datos de fabricación

El documento donde se anotan las mediciones obtenidas de las muestras tomadas, debe ser claro y fácil de entender para el personal de producción, sirviendo como punto base para llevar el análisis de capacidad y estabilidad del proceso, por tal motivo se formula el siguiente formato de registro para la metodología SPC.

REGISTRO DE DIMENSIONES CRITICAS

Operador/inspector: _____

PRENSA: _____ Descripción de parte: _____

FECHA: _____ AREA: _____ Numero de parte: _____

PUNTO CRITICO	ESPECIFICACIONES		MEDICION 01	MEDICION 02	MEDICION 03	MEDICION 04	MEDICION 05	PROMEDIO
		HORA:						
1	MAX							
	NOMINAL							
	MIN							
2	MAX							
	NOMINAL							
	MIN							
3	MAX							
	NOMINAL							
	MIN							
4	MAX							
	NOMINAL							
	MIN							
5	MAX							
	NOMINAL							
	MIN							

Figura 3.15 Formato registro dimensiones criticas

La figura 3.15 nos representa el formato de registro de dimensiones críticas necesarias para llevar la metodología SPC. Es un formato fácil de comprender donde en primer plano encontramos la información general como: nombre del operador, fecha, número de prensa, número de parte y descripción de la misma, el llenado de estos campos debe de realizarse al empezar a fabricar cierto número de parte. En segundo plano encontramos las dimensiones críticas a medir, donde se debe plasmar la medida nominal así como las tolerancias tanto mínima y máxima permitidas, y desde luego anotar cada una de las mediciones obtenidas de cada una de las muestras. La información de las dimensiones críticas a medir se encuentran en el dibujo de diseño con sus respectivas tolerancias y el respectivo número de cada una de ellas, como aparece en el formato de registro de dimensiones críticas. Por ejemplo, tenemos el siguiente número de parte con la descripción necesaria.

En el anexo 3 se representan las dimensiones críticas a medir así como el orden de cada una de estas, en este caso se puede observar que existen cuatro puntos principales los cuales se toman como base para realizar un análisis de estabilidad y capacidad del proceso. Con el objetivo de hacer más eficiente y fácil la operación de medición, se diseña un formato de

cada uno de los números de parte a analizar, donde se especifican sus medidas nominales, mínimas y máximas y además tips para llevar a cabo esta operación.

El formato que se plasma en el anexo 4 se diseña con la finalidad de hacer más fácil la toma de medidas en la actividad de muestreo que realiza el operador de producción como punto de partida para el análisis estadístico del proceso, en forma concreta para llevar a cabo la metodología SPC. El formato presenta las dimensiones críticas a medir, como se deben medir, con que instrumento de medición se debe o recomienda llevar a cabo esta actividad, al igual las medidas mínimas y máximas permitidas como tolerancias de diseño.

Además el formato contiene el dibujo de cada uno de los números de parte, con sus respectivos puntos críticos a medir ejemplificados de forma gráfica. Se tiene otra sección donde se estipula una serie de pasos importantes con el objetivo de hacer esta actividad más eficiente y fácil para el operador.

Toda la información contenida en este capítulo son la base para este análisis estadístico, es decir, se busca una generación de datos eficiente y segura, donde se muestre el comportamiento del proceso de forma confiable y seguro, y en base a esto tomar las decisiones necesarias para llevar a cabo un proceso de mejora del mismo.

3.8 Planificar la frecuencia y tamaño de la muestra de los procesos estudiados

Llevar una análisis de control estadístico del proceso parte de la generación de datos y fiabilidad de los mismos, por tal motivo y tomando como punto de referencia lo presentado anteriormente en este capítulo, donde plasma un pre análisis de poca veracidad y fiabilidad generado de información incompleta del proceso. Por lo antes mencionado es necesario establecer un plan de muestreo de acorde a las necesidades del proceso sin dejar a un lado de igual manera la importancia de tener los datos necesarios para llevar a cabo un buen análisis de control estadístico del proceso.

3.8.1 Planificar la frecuencia y tamaño de la muestra del proceso de fabricación

Con el propósito de llevar a cabo un análisis SPC de forma correcta es necesario generar la información o datos del sistema o proceso de la forma necesaria, por ello es necesario establecer un plan de muestreo de acorde a las necesidades del área de fabricación, el cual se detalla de la siguiente manera.

Plan de muestreo

Después de realizar un análisis en el área de fabricación, en especial con las prensas automáticas, se puede determinar un plan de muestreo adecuado para la implementación de la metodología SPC el cual se basa en algunos supuestos los cuales se enumeran de la siguiente manera:

- 1.- Se cuenta con la siguiente herramienta de medición: 3 vernieres, tres transportadores y una cinta de medir por setupista. (3 horas)
- 2.- Las condiciones del plan se dan de la siguiente manera: se cuenta con la herramienta de medición y el dibujo de los puntos a medir al alcance del operador sin ningún problema.
- 3.- Se Realiza un plan de toma de tiempo y con ello poder determinar el tiempo promedio en realizar la operación completa de muestreo, es decir, la toma de medidas de la pieza a analizar y realizar la anotación en el formato SPC. (18 horas)
- 4.- Después de realizar la toma de tiempos se obtiene un tiempo promedio en realizar la operación de 2.11 minutos donde se redondea a 3 minutos por lo siguiente: se desprecia el tiempo de la primera a medición debido a que esto se realiza de manera automática por ser primera pieza, solo se tomaría en cuenta el tiempo de anotar en hoja SPC. (3 horas)
- 5.- Una vez determinado el tiempo promedio del plan de muestreo, se determina tomar 5 muestras en cada corrida diaria.
- 6.- Si el tamaño de lote es pequeño, se considerara tomar solo tres muestras por corrida.

7.- Llevar a cabo un registro de tres muestras en lotes pequeños a producir no afecta de manera significativa por las condiciones en las que se toman las muestras es decir solo las muestras 2 y 3 se tomaría de forma normal, la primera como primera pieza no afecta es mínimo el tiempo.

8.- Se realiza un análisis donde se especifica los intervalos de tiempo para la toma de las muestras de igual manera el tiempo muerto y las piezas que se dejan de producir.

Nota: Análisis se presenta en nexos

9.- El número de piezas que se dejan de producir permanece constante sin importar el tamaño de lote, este varia solo en relación al tamaño de subgrupo en nuestro caso existen dos, 5 y 3.

10.- Los datos obtenidos son generados de los estándares de producción y un plan de producción.

11.- Se realiza análisis del plan de muestreo con *planner* de fabricación. Donde se da visto bueno del plan de muestreo propuesto.

12.- Definir ayuda visual donde el operador comprensa el tamaño y frecuencia de la muestra

13.- Se da visto bueno y se propone arrancar con una prensa 1301

En la tabla 3.3 se representan el total de las actividades a realizar para establecer un plan de muestreo de acorde a la metodología SPC, cabe mencionar que este análisis se realiza en coordinación con personal involucrado de forma directa en el proceso con el objetivo de no afectar el mismo.

Tabla 3.3 Actividades necesarias plan de muestreo

Actividad	Actividad que precede	Tiempo (horas)
Junta Planner fabricación		2
Análisis herramienta de medición	A	3
Establecer condiciones de muestreo	B	2
Toma de tiempo metodología SPC	C, B	18
Análisis toma de tiempos	D	3
Análisis tamaño de subgrupo	E	3
Se proporciona documentación necesaria	F, E	2
Se establecen Formatos	G	2
Se realiza análisis plan de muestreo	G, H	4
Se realiza análisis de plan con planner	I	2
Realizar formato informativo para el operador	J	3
Poner en marcha plan	K	1

Se realizó un análisis Pert-Cpm con el fin de organizar y dar forma más ordenada y sistemática al plan de muestreo, donde se establece que el plan se desarrollara en un lapso de 45 horas con cinco rutas críticas lo cual indica que no se acepta ningún tipo de holgura respecto al tiempo del proyecto. En el anexo 5 se observa el diagrama de redes con sus respectivos tiempos de duración cada actividad y representa las rutas críticas del mismo. De la misma manera se ilustra en el anexo 6 de forma detallada la duración en la que se debe de ejecutar el plan y las rutas críticas del mismo.

En el anexo 7 se observan las actividades que se han realizado y el porcentaje de avance total del proyecto el cual ilustra un 91% y dos actividades pendientes por realizar. Hasta entonces solo quedaban pendientes dos actividades: realizar el formato para el operador y la implementación del plan de muestreo. Cabe señalar que estas actividades se realizan en el tiempo estimado por la metodología en cuestión, no se represento la tabla final a manera de ilustrar el procedimiento de la metodología.

En el anexo 8 se observa una representación de diagrama de Gantt donde se representan las actividades que comprenden el plan de muestreo y sus respectivos tiempos.

3.9 Cálculo y manejo de la información obtenida del proceso

Una vez establecida la manera de recolectar la información del proceso y comprendida de forma óptima para realizar esta operación, es necesario establecer el método o procedimiento para tratar toda esta información generada. Por tal motivo se establece un procedimiento para llevar a cabo el análisis de control estadístico que compete en este documento de tesis.

3.9.1 Cálculo y manejo de la información obtenida del proceso de fabricación

Partiendo de una buena recolección de datos estadísticos del proceso, es necesario entablar una metodología para procesar esta información y con ello realizar un análisis estadístico del mismo. Como ya se ha mencionado en los párrafos anteriores, se ha establecido algunas técnicas para obtener la información del proceso de fabricación y con esto implementar la metodología SPC en el área de fabricación, a continuación se detalla cómo se lleva a cabo el cálculo y manejo de esta información.

Primeramente es necesario determinar el periodo de tiempo en el cual se llevara a cabo el análisis de la metodología SPC, es decir, si se llevara en periodos de un día, por semana o por mes; por conveniencia se establece que un periodo de análisis comprenderá un mes completo por las siguientes razones:

- 1.-Por la gran cantidad de números de parte que se fabrican en ocasiones solo una vez por semana
- 2.-Se requiere recabar varias muestras del proceso para tener un proceso más confiable
- 3.-El análisis de los datos se lleva de forma rápida, esto por la ayuda del software empleado

4.-Presentar resultados y con ello tomar las acciones necesarias

Una vez enlistados cuatro de los factores más importantes en consideración, para el manejo y cálculo de la información generada del proceso

Tabla 3.4 Captura de datos

		PUNTOS CRITICOS				
Prensa	# de parte	1	2	3	4	5
1101	680496	20	29.625	1.984	8.275	
		20	29.625	1.983	8.276	
		20	29.625	1.982	8.275	
		20	29.625	1.983	8.276	
		20	29.625	1.984	8.275	
		20	29.625	1.984	8.275	
		20	29.625	1.984	8.275	
		20	29.625	1.984	8.275	
1101	667521	0.192	45°	0.312	1.038	
		0.192	45°	0.313	1.039	
		0.192	45°	0.313	1.039	
		0.192	45°	0.313	1.039	

La tabla 3.4 muestra el documento donde se lleva el registro de los datos generados del proceso de fabricación, donde se consideran los siguientes puntos relevantes: estos registros se llevan agrupándolos primeramente por prensa, número de parte y las dimensiones críticas o puntos críticos evaluados con el objetivo de implementar la metodología SPC. Este registro se lleva con cada uno de los números de parte analizados en el periodo de un mes.

Una vez entendida la forma de llevar a cabo los registros en el programa de Excel se procede a transportarlos al programa estadístico Minitab con el objetivo de llevar el análisis de capacidad y estabilidad del proceso de fabricación de cada uno de los números de parte analizados, como se muestra a continuación.

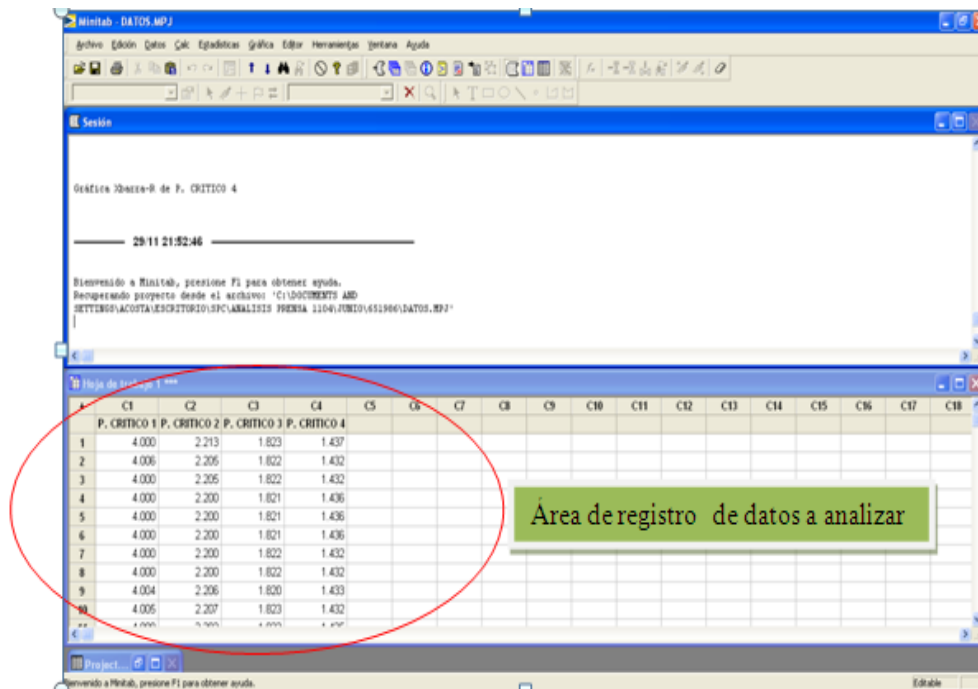


Figura 3.22 Hoja de registro programa Minitab

En la figura 3.22 se muestra la manera de ordenar los datos extraídos del programa Excel una vez que fueron registrados, esta información se representa con el círculo en la figura. Estos datos son analizados con las potentes herramientas estadísticas de Minitab, en particular se utilizarán aquellas necesarias para llevar un análisis de estabilidad y capacidad del proceso.

3.10 Cálculo de estabilidad y capacidad del proceso

Una vez que se cuenta con el registro de los datos obtenidos del proceso y se cuenta con las herramientas necesarias para procesarlos, obtener resultados y en base a estos poder tomar decisiones, son las características necesarias para poder llevar a cabo la implementación de la metodología SPC. Este capítulo abarca la parte de resultados, es decir, como obtener los resultados mediante los datos obtenidos del proceso analizado.

3.10.1 Cálculo de estabilidad y capacidad del proceso de fabricación

Realizar un análisis de estabilidad y capacidad del proceso en esta área es de vital importancia por los problemas de variación presente en este proceso, por ello realizar una

estructura firme de análisis brindara las herramientas necesarias para eliminar esa variación presente en el proceso, y con ello ofrecer productos de mejor calidad eliminando todos aquellos desperdicios que generan costos que no le dan valor extra al producto final.

El análisis de estabilidad y capacidad del proceso se realizara mediante el programa Minitab, donde en forma de grafica se desplegara la información obtenida del proceso, tomando esta información se prosigue a realizar un análisis minucioso del comportamiento de los datos dentro de la gráfica obtenida y con ello poder tomar decisiones del mismo.

3.10.1.1 Cálculo de estabilidad del proceso de fabricación

Con el objetivo de comprender de una forma más gráfica y amigable los resultados de un análisis de estabilidad del proceso a estudiar, se consideran los siguientes puntos a seguir en el software a utilizar, Minitab en particular para este proyecto de tesis:

a) Se transportan los datos del proceso necesarios para la implementación de la metodología SPC del programa Excel ya registrados como se muestra en la siguiente figura.

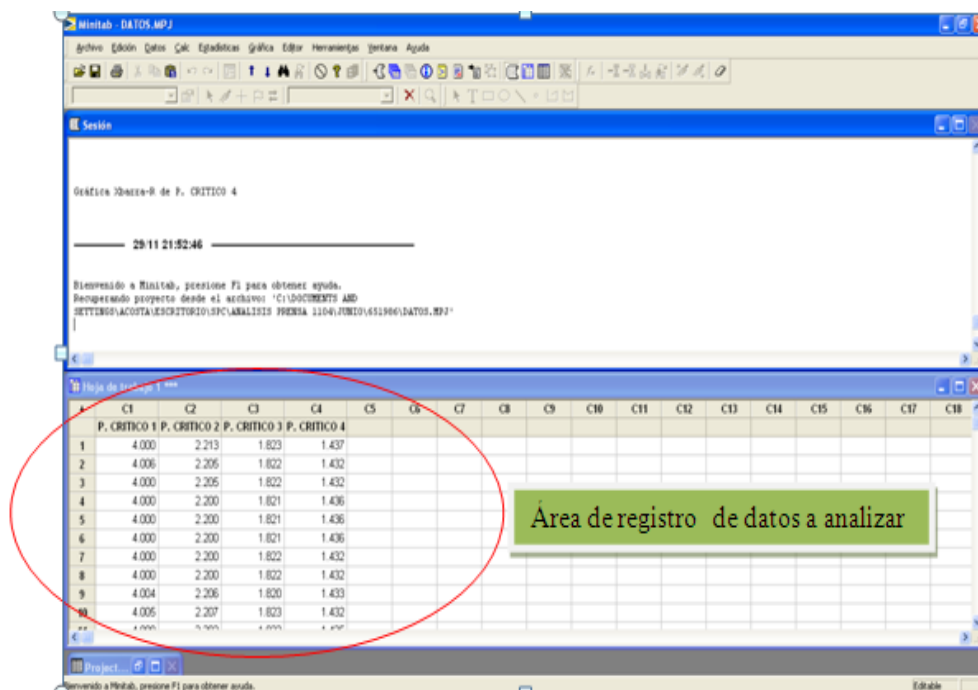


Figura 3.23Hoja de registro programa Minitab

b) Una vez registrados los datos en el programa minitab se procede a realizar el análisis de los mismos, para esto se consideran las siguientes características: como se mencionó el análisis de control estadístico del proceso del área de fabricación se realizara por variables, la siguiente característica consiste en formar un tamaño de subgrupo de $n = 5$, que quiere decir, lo cual se asimila como tener 5 submuestras en una muestra representativa del proceso, y el análisis se llevara con graficas de control XR lo cual indica que se trabajara con la media y el rango para efecto de nuestro análisis. Entendiendo estos principios y los conocimientos estadísticos necesarios se puede realizar un análisis de estabilidad del proceso con graficas de control XR como se detalla en las siguientes figuras:

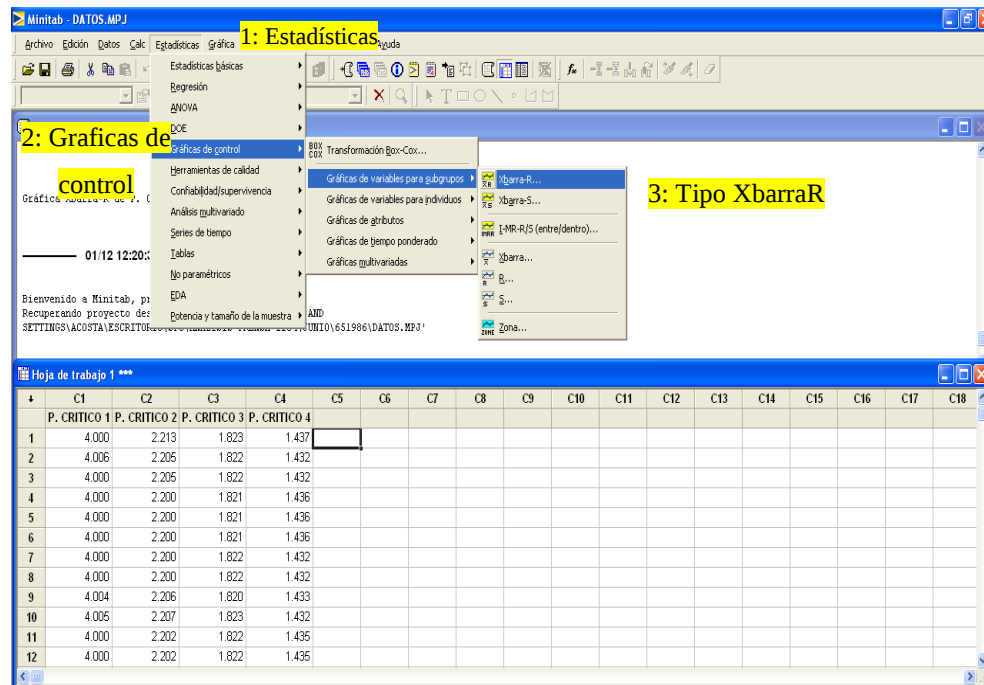


Figura 3.24 Procedimiento 1 programa Minitab

La figura 3.24 indica la forma de obtener un análisis de estabilidad del proceso de determinados datos obtenidos del mismo, el primer paso comprende en seleccionar en la barra de herramientas principales la opción estadística, al desplegarse un menú de esta opción seleccionamos la opción graficas de control, se despliega un segundo menú del cual

seleccionamos el tipo de grafica de control que se va a utilizar, en el caso de este proyecto seleccionamos tipo XbarraR y de aquí procederemos a la segunda etapa de análisis.

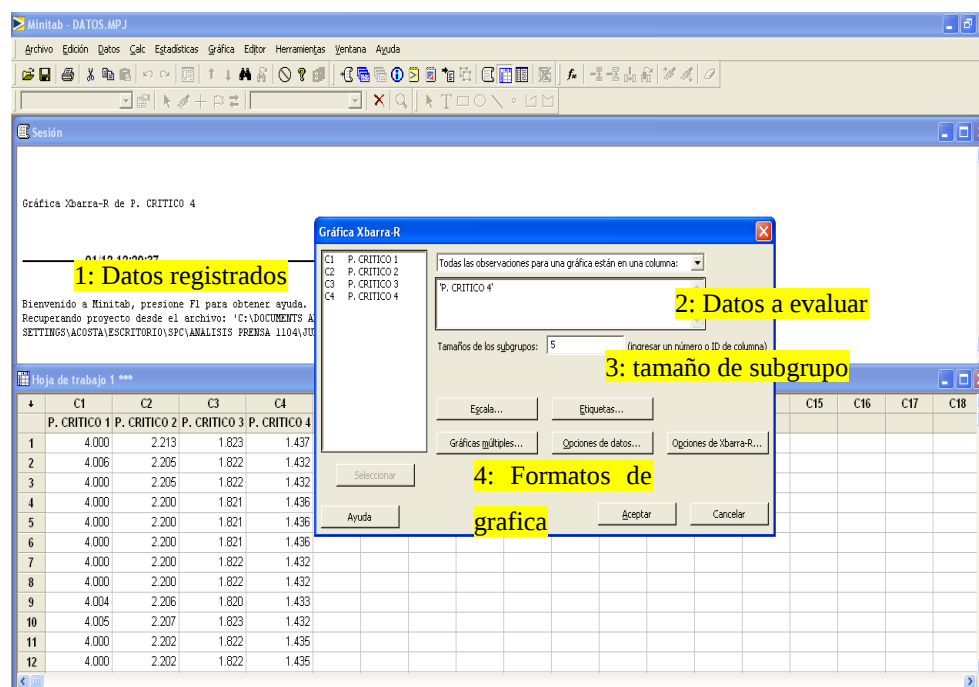


Figura 3.25 Procedimiento 2 programa Minitab

Se puede observar en la figura 3.25 el segundo procedimiento para realizar el análisis de estabilidad de un proceso, el cual se desprende de la siguiente manera: en el primer campo se encuentra la información que se tiene en la hoja de cálculo del programa minitab, estos son los datos que se van a analizar, en segundo término se tiene el campo donde se seleccionan los datos a evaluar o analizar, tercer campo indica el tamaño de subgrupo que se tomara contemplado para el análisis y por último se encuentra el campo donde se les da formato a los resultados obtenidos (grafica), con este último se termina el procedimiento número dos.

El siguiente procedimiento enuncia los resultados obtenidos mediante la gráfica de control seleccionada o requerida para el análisis que se esté realizando. A continuación se muestra una gráfica de control XR del proceso de fabricación del mes de junio del 2010 del número de parte 98009948 fabricada en la prensa 1104, donde se evalúa la dimensión o punto

crítico 4 del número de parte mencionado. Así se realizara un análisis para cada uno de los puntos críticos de cada uno de los números de parte que se pretenden analizar en este trabajo de tesis.

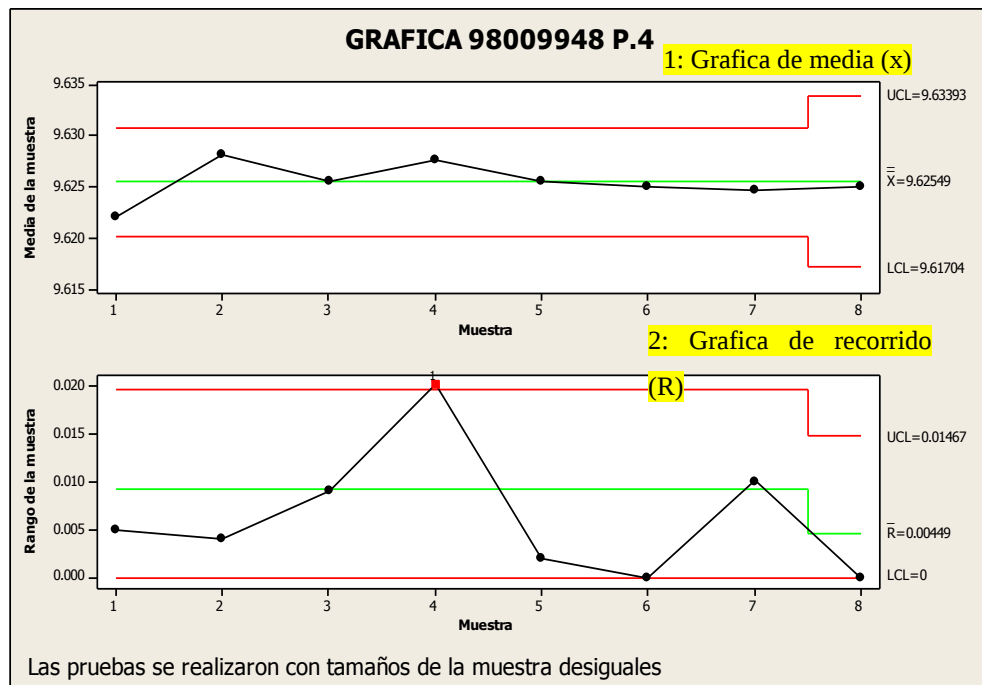


Figura 3.26 Gráfica de estabilidad del proceso programa Minitab

La figura 3.26 muestra una gráfica de control XR con la cual podemos determinar la estabilidad de un proceso o si un proceso se encuentra en control estadístico, la primera grafica representa una gráfica X donde se pueden observar tanto el límite inferior y el límite superior, esos dos representados por una línea roja. El límite central o media del proceso se encuentra marcado por una línea verde. La siguiente grafica tipo R o de recorrido se estructura de la misma manera que la gráfica X.

Con los procedimientos mencionados contamos con las herramientas necesarias para llevar a cabo un análisis de estabilidad del proceso analizado. Para poder llevar el análisis se requiere además de estas herramientas, conocimiento previo de estadística con el objetivo de comprender que es lo que estas graficas dicen y en base los resultados tomar las decisiones necesarias para mejorar el proceso. Cabe recordar que toda esta teoría necesaria se encuentra en el marco teórico de este presente trabajo de tesis.

3.10.1.2 Cálculo de capacidad del proceso de fabricación

Por regla es necesario tener un proceso estable, una vez que se cuenta con esta característica se procede a realizar un análisis de capacidad de este. Tener un proceso capaz brinda la oportunidad de saber que se está cumpliendo con las especificaciones del cliente, por tal motivo saber si se cuenta con este objetivo antes de que el cliente se inconforme se realiza un cálculo de capacidad del proceso. Este se desarrolla para este trabajo de tesis mediante el programa Minitab de la siguiente manera:

Al igual que el análisis de estabilidad se cuenta con el área donde se registran los datos proporcionados del programa de Excel, como se muestra en la siguiente figura:

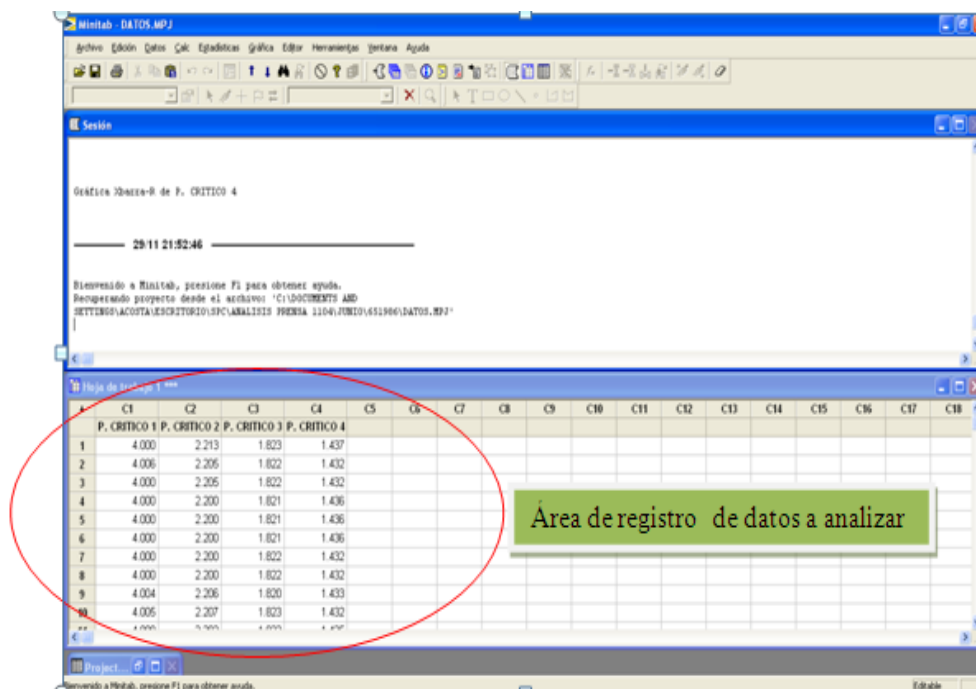


Figura 3.27 Hoja de registro programa Minitab

En la figura 3.27 se documentan los datos obtenidos del proceso en el programa Minitab. El siguiente procedimiento se desprende en la figura 3.28 de la siguiente manera:

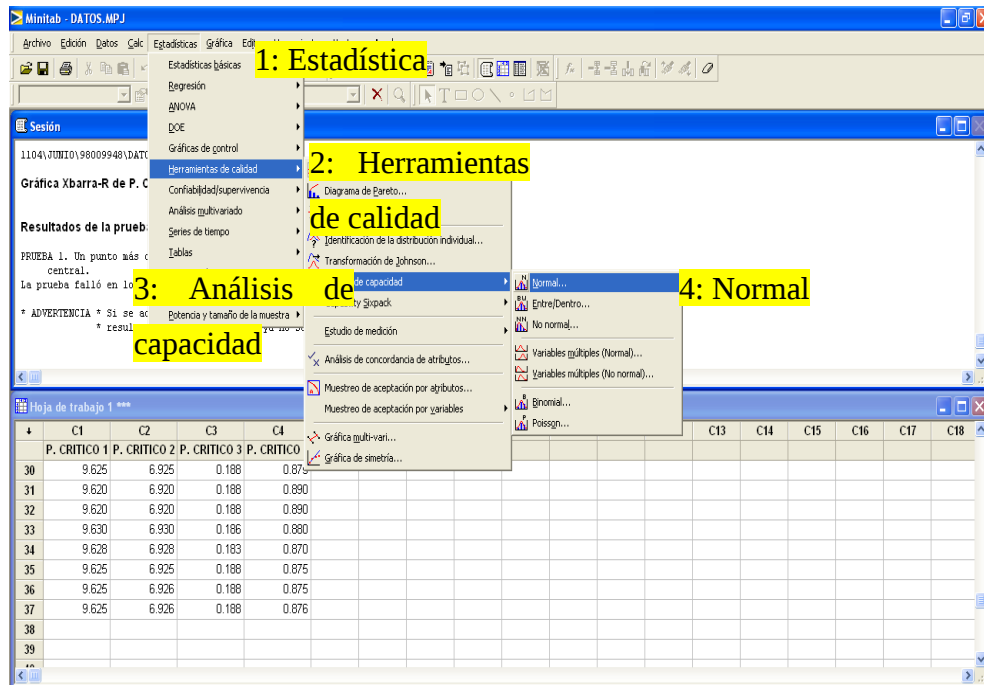


Figura 3.28 Procedimiento análisis de capacidad programa Minitab

Al igual que el análisis de estabilidad, el análisis de capacidad se depende en el programa minitab de la siguiente manera: primera opción estadística, se despliega un menú del cual seleccionamos herramientas de calidad, se desprende un segundo menú en el cual seleccionamos la opción análisis de capacidad y por último un tercer menú del cual seleccionamos la opción normal. Realizado el procedimiento anterior se despliega el siguiente procedimiento como se muestra en la figura 3.29.

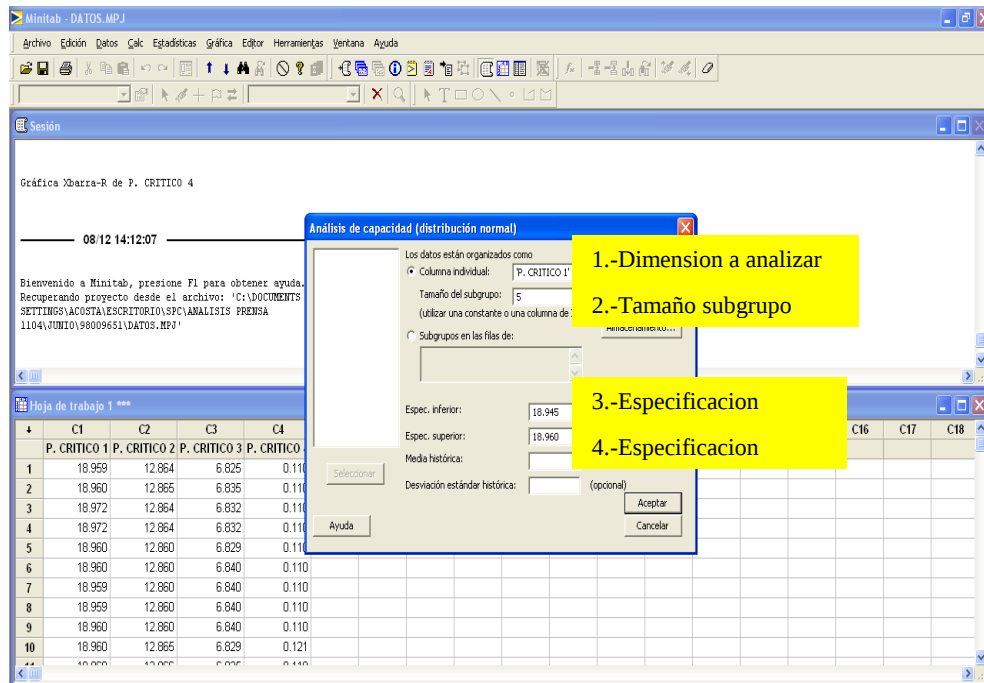


Figura 3.29 Parámetros análisis de capacidad programa Minitab

En la figura 3.29 se observa la manera de ajustar los parámetros necesarios para llevar un análisis de capacidad; en el número uno se carga la dimensión o magnitud a analizar en el caso particular de este proyecto de tesis se coloca una dimensión crítica, en este caso la número 1 de una pieza x. en el segundo campo o parámetro se modifica el tamaño de subgrupo que se esté utilizando, y como hablamos de capacidad del proceso, es necesario establecer las dimensiones o especificaciones de diseño que soporta el sistema de calidad; límite inferior y límite superior. Con todo lo anterior se genera una gráfica de capacidad de proceso de la dimensión que se esté evaluando, como a continuación se describe:

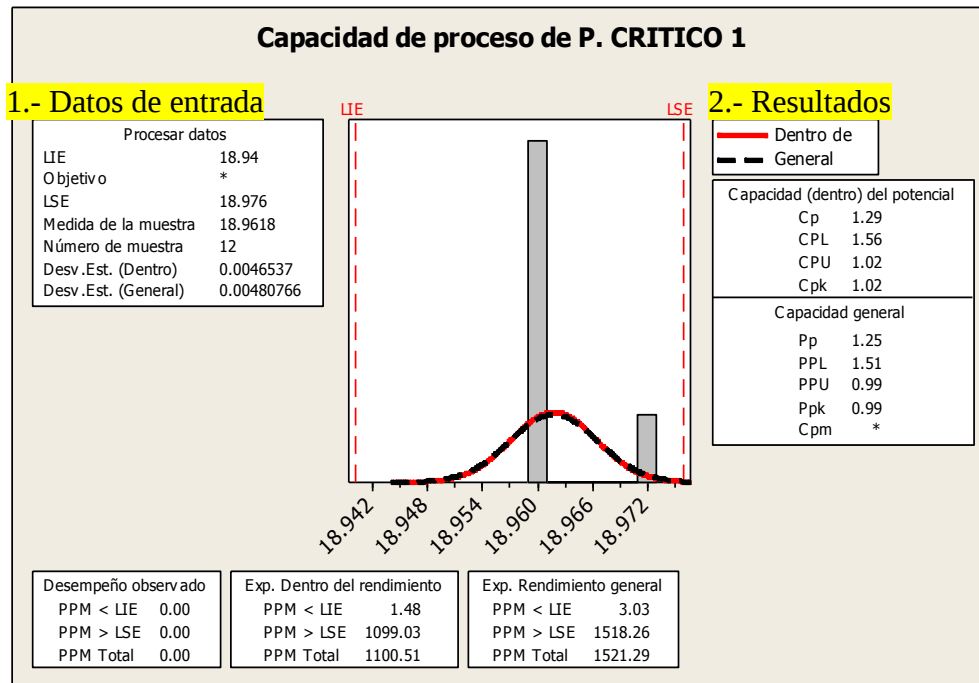


Figura 3.30 Resultado análisis de capacidad programa Minitab

La figura 3.30 muestra si un proceso es capaz o no, primeramente se encuentran los datos de entrada del proceso analizado, después se presenta una gráfica con los resultados de capacidad obtenidos y por último se encuentra el área donde se estipula si el proceso es capaz o no, esto con los valores del cpk y cp respectivos. Estos términos se explican en marco teórico.

Los procedimientos anteriores son los necesarios para llevar a cabo un análisis de capacidad y estabilidad del proceso de fabricación en este caso particular, con esto se puede llevar un análisis de rendimiento y comportamiento del proceso con el objetivo de verificar que el proceso cuente con la calidad requerida por el cliente.

3.11 Rendimiento y comportamiento del proceso

Ya completadas todas las etapas analizadas en apartados anteriores, es necesario llevar a cabo un análisis de los resultados obtenidos del proceso, todo esto mediante las gráficas obtenidas de cada una de las dimensiones críticas o puntos críticos ya establecidos de los números de parte que son analizados, tanto en el proceso de fabricación y soldadura.

3.11.1 Rendimiento y comportamiento del proceso de fabricación

De la misma manera que se realizó un pre análisis con el objetivo de conocer si el proceso de fabricación es estable y capaz, mediante cartas de control y los índices de capacidad del proceso, respectivamente, en las primeras unidades se lleva un análisis similar con la variante que en este capítulo el análisis se lleva apoyándose de lleno con la completa implementación de la metodología SPC, con el apoyo de los resultados mostrados en las siguientes gráficas.

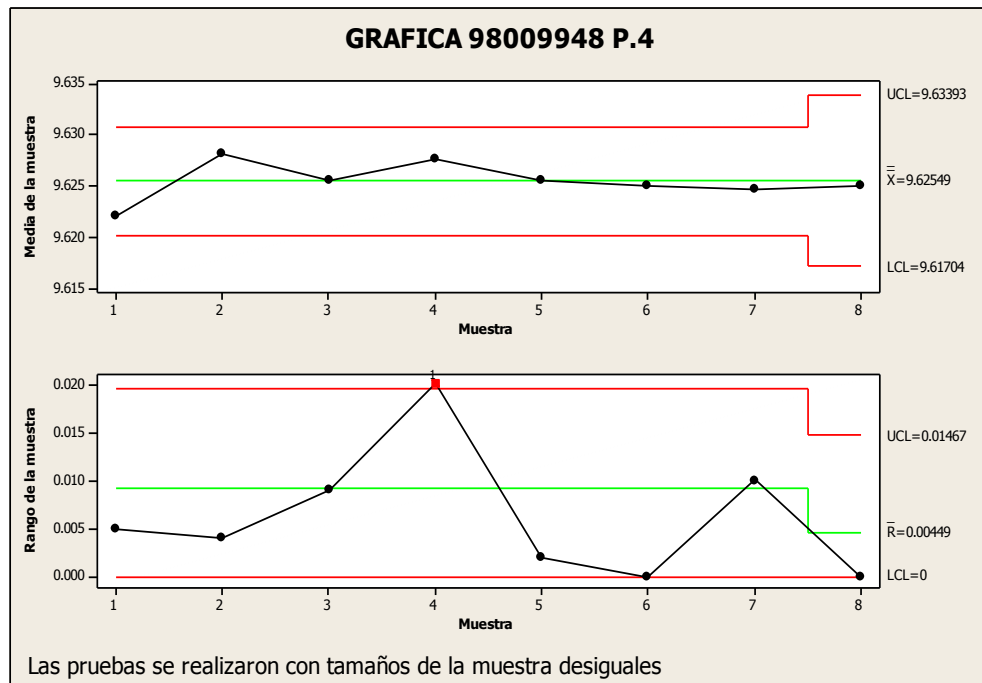


Figura 3.31 Grafica de control, análisis de estabilidad del proceso

La figura 3.31 representa una gráfica de control, la cual brinda la posibilidad de llevar a cabo un análisis de estabilidad de cierto proceso analizado, desde luego con el conocimiento estadístico necesario para llevar un buen análisis. Así como se lleva el análisis de estabilidad, es necesario llevar un análisis de capacidad del proceso de fabricación mediante los resultados obtenidos en la siguiente gráfica.

Es necesario recalcar que efectivamente se realizó un pre análisis de estabilidad y capacidad antes de implementar la metodología SPC en el proceso de fabricación, lo cual

pareciera ser lo mismo a este capítulo en cuestión, sin embargo no es igual debido a que a estas alturas la metodología SPC se está aplicando de forma completa, brindándonos un panorama distinto de análisis, es decir, un análisis confiable y completo y de mayor veracidad.

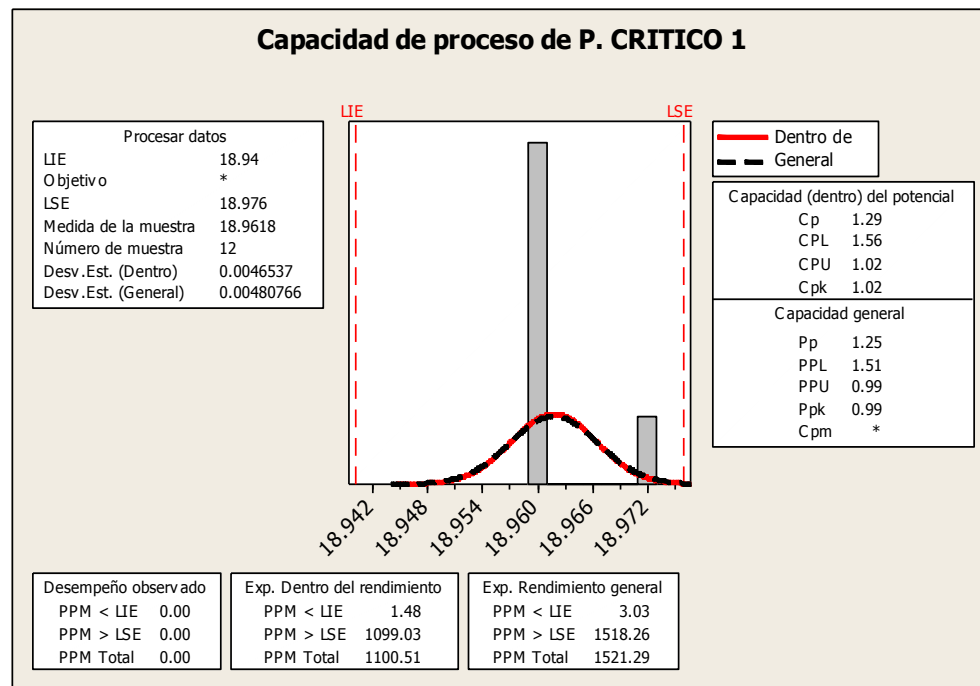


Figura 3.32 Resultados capacidad del proceso

Únicamente queda reiterar el uso de la figura 3.32, la cual brinda la posibilidad de llevar un análisis de capacidad del proceso, en particular para el análisis el proceso de fabricación.

3.12 Mejora del proceso

Comprendido el comportamiento del proceso una vez que fue analizado, se procede a la toma de decisiones, en virtud a estos resultados es decir, si el comportamiento del proceso de fabricación es estable y capaz se fundamentara que el proceso es bueno, por tal motivo los cambios realizados al mismo serán insignificantes. De lo contrario se tomaran otro tipo de medidas donde se involucrara al personal necesario para realizar las acciones necesarias.

Se generalizaran estos principios para el área de fabricación, como ya se mencionó en este proyecto de tesis solo para se analizan los números de parte: 98009814, 680493, 651967, 661803 y 661714. Cabe mencionar que se crearan grupos interdisciplinarios para lograr mejores resultados en base a las decisiones tomadas, dentro de un grupo de técnicas que se pueden utilizar con el objetivo de corregir los problemas de variación del proceso, se pueden mencionar: herramientas de six sigma y manufactura esbelta por mencionar algunas.

Capítulo IV Implementación de la metodología SPC en el área de fabricación, análisis de los resultados y conclusiones

Para lograr la implementación de la metodología SPC se elabora un proyecto con una serie de actividades programadas.

Las actividades para la implementación se concluyeron en el mes de Diciembre del 2010. De esta fecha en adelante se inicia el monitoreo del proceso, recolectando información necesaria que sirva de referencia para visualizar el status del proceso; bueno o malo, y con ello tomar las mejores decisiones para mejorarlo.

4.1 Actividades del proyecto para la implementación de la metodología SPC

- 1.-Capacitación a operarios sobre la metodología SPC y sensibilización sobre el cambio cultural laboral
- 2.- Capacitación a mandos intermedios sobre metodología SPC y Sensibilización sobre el cambio cultural laboral.
- 3.-Capacitación a gerencia sobre metodología SPC y Sensibilización sobre el cambio cultural laboral.
- 4.-Establecer y ubicar el área de trabajo para la llevar la aplicación de la Metodología.
- 5.-Colocar el equipo de medición que se va a utilizar para esta metodología en el área de trabajo.
- 6.-Colocar la documentación necesaria a utilizar en el área de trabajo.
- 7.-Llevar análisis de los datos obtenidos del proceso para la metodología SPC.

La recolección de información del proceso de fabricación se lleva en un periodo de 5 meses (Diciembre, Enero, Febrero, Marzo y Abril), donde se obtiene información completa de los números de parte siguientes: 98009814, 680493, 651967, 661803 y 661714. Cabe recalcar que no es posible tomar información de todos los productos o números de que se fabrican

en las prensas automáticas ya que todo gira en virtud a la demanda de los modelos de producto terminado que se producen en esta empresa. En el siguiente apartado se representan los resultados de forma gráfica y analítica.

4.2 Resultados

A modo de representar la variación presente en el proceso de fabricación mediante un análisis de estabilidad y capacidad, con la información obtenida del proceso se realiza dicho análisis con el software minitab. Como se menciona en la metodología de este trabajo de tesis se realizan cuatro análisis de estabilidad y capacidad debido a que se analizan cuatro dimensiones críticas de cada uno de los números de parte analizados.

Se requiere de un análisis con el objetivo de visualizar cual es la causa de variación presente en los datos, se entiende que se encuentra dentro de especificaciones, sin embargo es necesario mantener los datos más próximos al valor nominal.

4.2.1 Representación gráfica de los datos obtenidos

La representación general de los datos obtenidos muestra cual es el comportamiento actual del proceso de fabricación, en particular los números de parte analizados en este trabajo de tesis (98009814, 680493, 651967, 661803 y 661714). A continuación se realiza una remembranza del porque se analizan los números de parte mencionados en este párrafo.

Se argumenta la necesidad de llevar el análisis de estabilidad y capacidad a cinco números de parte, los cuales presentan un mayor grado de variación, además son ensambles críticos para los procesos siguientes como es el caso de soldadura y ensamble. Se presenta un análisis detallado de las principales causas del porque se analizan únicamente los siguientes números de parte; 98009814, 680493, 651967, 661803 y 661714:

1.- Principalmente estos números de parte presentan variación en sus dimensiones críticas, ocasionando problemas en los procesos siguientes

- 2.- Se requiere verificar las o la causa raíz que ocasiona la variabilidad en estos números de parte tomando como base la implementación de la metodología SPC.
- 3.- Se genera una cantidad de desperdicio y reproceso a estos números de parte
- 4.- La productividad en el proceso está por debajo del estándar establecido
- 5.- La inspección de aceptación se hace más costosa por el tiempo y las operaciones que se le agregan a esta actividad

Partiendo de las premisas anteriores y en base de la experiencia del personal involucrado en las operaciones necesarias para producir los números de parte enlistados en el presente apartado de este proyecto, se implementó la metodología SPC con el objetivo de monitorear la variación del proceso para obtener un producto de calidad al costo más adecuado de producción.

Se inicia con el análisis de estabilidad como lo indica la metodología, continuando con el análisis de capacidad del proceso para estos números de parte. Se debe recordar la manera como se recaudó la información y como se fue realizando el análisis, todo esto planteado en la unidad cuatro: metodología. La generación obtenida del proceso se obtiene de un periodo de cinco meses, a través de este tiempo se monitoreo el comportamiento del proceso logrando visualizar la variación presente logrando reducirla, además encontrando las causas de variación presentes. A continuación se inicia el análisis obtenido de los números de parte evaluados.

4.2.1.1 Análisis de estabilidad del proceso

Durante el monitoreo del proceso se recauda información evaluando el comportamiento del mismo, logrando llevar un resumen final donde se analizan los resultados obtenidos en el lapso de tiempo establecido. Se describirá el comportamiento de cada uno de los números de parte definidos, analizando la estabilidad de cada una de las dimensiones críticas establecidas como primer punto, después se realizara el análisis de capacidad de las mismas dimensiones.

4.2.1.1.1 Número de parte 98009814

Análisis de estabilidad

Iniciando el análisis de estabilidad para este número de parte, se realiza primeramente con la dimensión crítica 1, recordando que la representación gráfica es un resumen de los datos obtenidos del proceso para esta medición. En la figura 4.1 se representan los resultados obtenidos de la dimensión crítica 1, donde se visualiza mediante graficas de control si el proceso es estable.

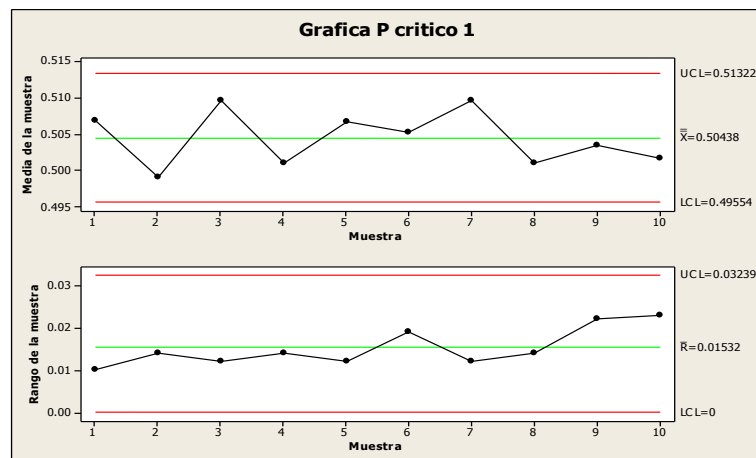


Figura 4.1 Gráfica de control dimensión crítica 1

La figura 4.1 muestra el comportamiento de los datos a través del tiempo indicando que estos presentan un comportamiento normal, dentro de los límites de control establecidos. Como se menciona en la gráfica se representa un resumen de los datos obtenidos en un período de cinco meses con el objetivo de visualizar de forma más práctica el comportamiento de los datos y en base a esto tomar decisiones con el objetivo de mejorar el proceso. A continuación se describe la manera de analizar los datos a través del tiempo:

En el inicio de la implementación de la metodología SPC se muestra que los datos tuvieron un comportamiento estable dentro de los límites de control, con una distribución hacia los límites superior e inferior. Al continuar con el muestreo se puede observar una disminución en la variación del proceso debido a algunas acciones correctivas realizadas, tal como: capacitar al operador para llevar a cabo con éxito la operación del setup.

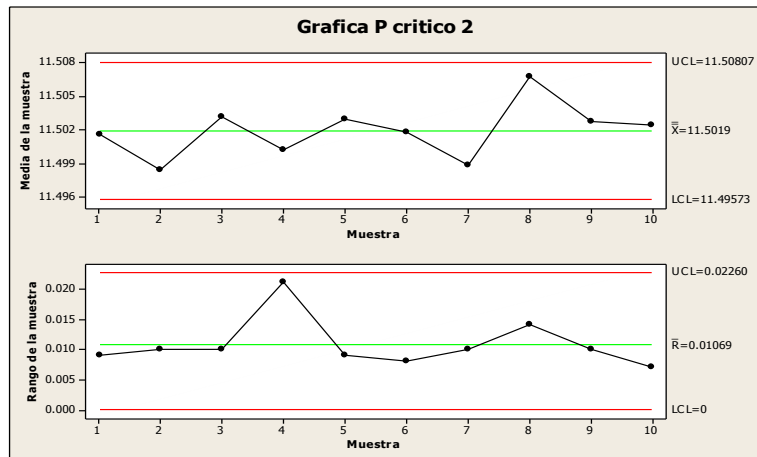


Figura 4.2 Gráfica de control dimensión crítica 2

En la gráfica (Figura 4.2) se puede observar una tendencia en los datos estable, sin ningún punto fuera de control. Es importante mencionar, durante las primeras muestra (meses) se obtiene un proceso con variación considerablemente despreciable. Durante las últimas muestras recabadas para el análisis de este proyecto de tesis se observó un incremento de variación en el proceso, la cual tiende a recuperarse después de realizar un análisis donde se demuestra un problema de alineación presentado en el enderezador. Este análisis se incluirá en anexos.

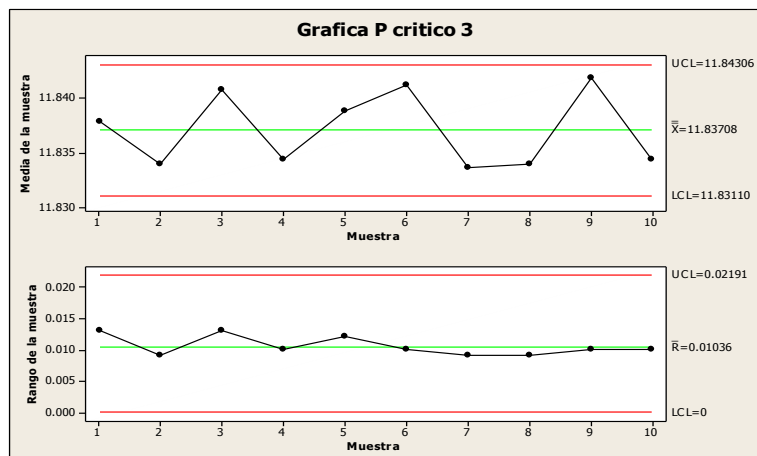


Figura 4.3 Gráfica de control dimensión crítica 3

La figura 4.3 muestra un comportamiento cíclico de los datos, sin embargo en control estadístico estable el proceso, después de observar esta tendencia se inicializa un análisis durante el mes cuatro aproximadamente para entender el comportamiento del proceso bajo estas condiciones.

Después de revisar el comportamiento de la gráfica de control generada por las muestras obtenidas, se realiza un análisis de tipo cualitativo para encontrar la causa raíz de esta tendencia cíclica. Se recuerda que el proceso es estable, por tal motivo y en base a la teoría, se recomienda solo rotar el personal que lleva a cabo la producción de este ensamble.

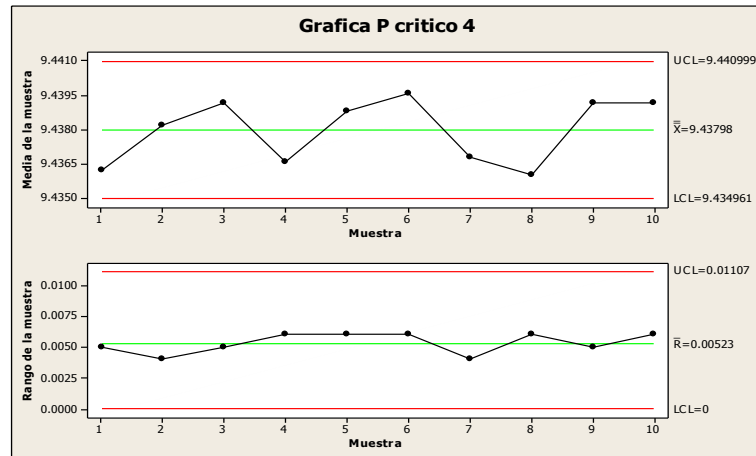


Figura 4.4 Gráfica de control dimensión crítica 4

En la figura 4.4 se observa un proceso estable, comportamiento cíclico en los datos obtenidos del proceso para esta dimensión. Al igual que la dimensión crítica 3 se realiza un análisis para determinar la causa raíz de este comportamiento estadístico del proceso. Al igual que la dimensión crítica anterior se propone rotar el personal con el objetivo de disminuir la ciclicidad presente en el proceso.

4.2.1.1.2 Número de parte 680493

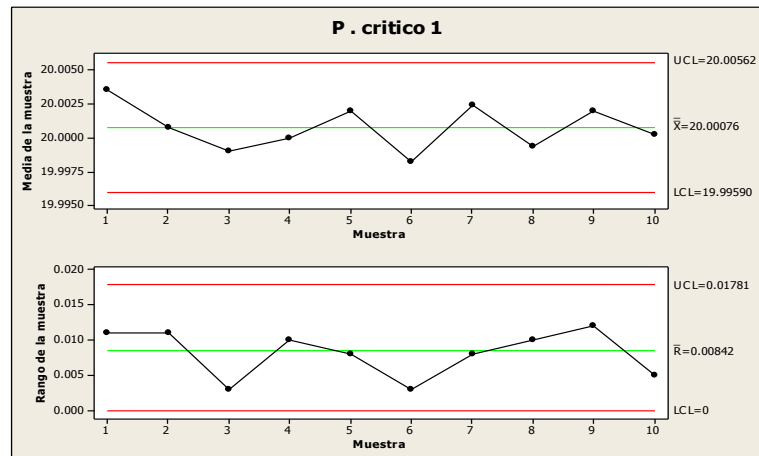


Figura 4.5 Gráfica de control dimensión crítica 1

La figura 4.5 muestra una gráfica de control donde sus datos tienen un comportamiento estable a través del tiempo. Debido al problema de variación que presentaba este número de parte se procedió a reparar por completo el dado (die) o molde para fabricar este ensamble, que mejor manera de evaluar si esta era la causa raíz del problema de variación presente mediante control estadístico del proceso, obteniendo resultados realmente buenos, donde se comprueba que la causa raíz de variación radicaba en un molde con gran desgaste.

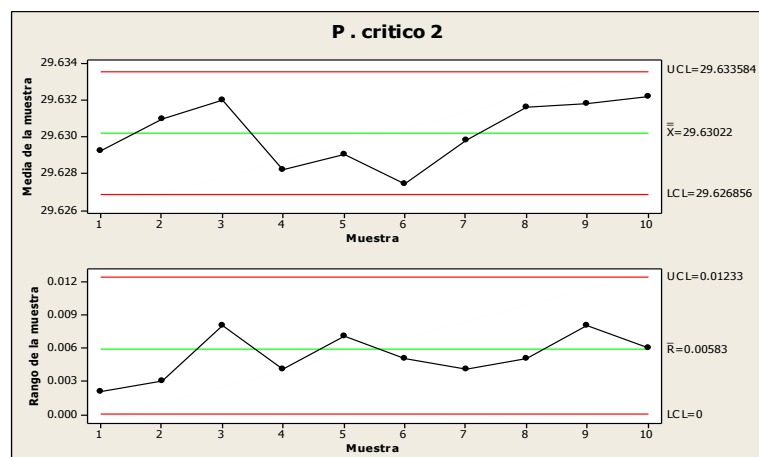


Figura 4.6 Gráfica de control dimensión crítica 2

La representación gráfica (Figura 4.6) muestra un proceso estable, sin embargo en las últimas muestras recabadas podemos observar una tendencia ascendente, donde se realiza un análisis para encontrar la causa o posibles causas de variación. Después de realizar el análisis, esto en el último periodo de muestreo, se observa un desgaste en los elementos de corte del molde lo cual posiblemente ocasiona esta tendencia en la representación estadística de los datos. Estos resultados se monitorearán en un análisis futuro con las muestras obtenidas en los meses siguientes, por ejemplo el mes de mayo y junio.

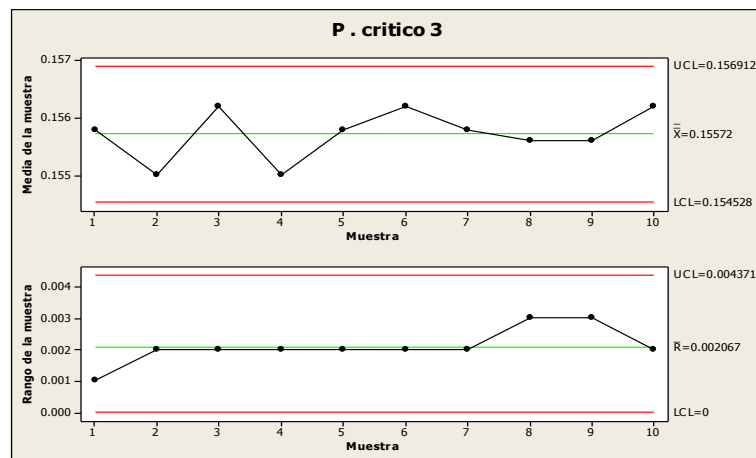


Figura 4.7 Gráfica de control dimensión crítica 3

Se observa en la figura 4.7 un proceso estable, donde el comportamiento de los datos obtenidos del proceso para esta dimensión no presentan cambios relevantes propiciando un escenario de tranquilidad, donde solo se debe de seguir con los procedimientos de calidad para cumplir con las especificaciones del producto. Por ejemplo seguir el procedimiento de inspección de primer artículo conforme a lo establecido, el setup otro procedimiento de gran importancia y aplicar el plan de muestreo correctamente.

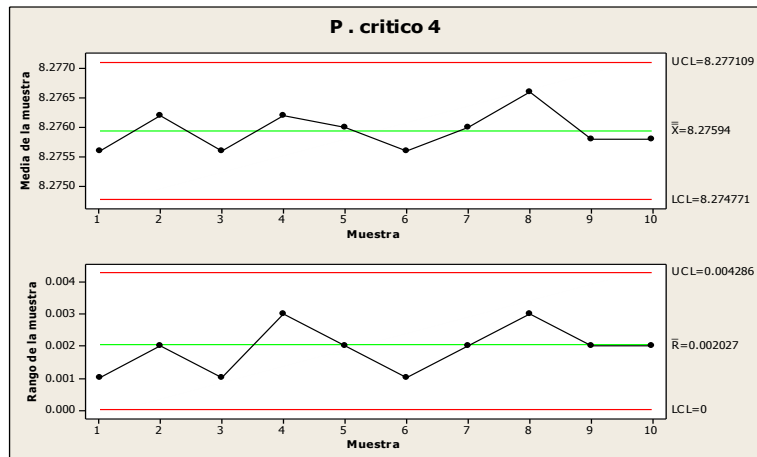


Figura 4.8 Gráfica de control dimensión crítica 4

Se observa en la figura 4.8 un proceso estable y estratificado, donde debido al comportamiento de los datos obtenidos de las muestras día a día se considera no llevar a cabo ningún análisis profundo del proceso. Sin embargo se realizara un análisis para verificar la causa o causas que producen la estratificación presente en la gráfica.

Después de explicar la tendencia de estratificación al personal involucrado, departamento de ingeniera en general se formulan las siguientes causas: falta de resolución en el equipo de medición como la causa principal, donde se formulara un plan con el objetivo de monitorear la confiabilidad de los mismos.

4.2.1.1.3 Número de parte 651967

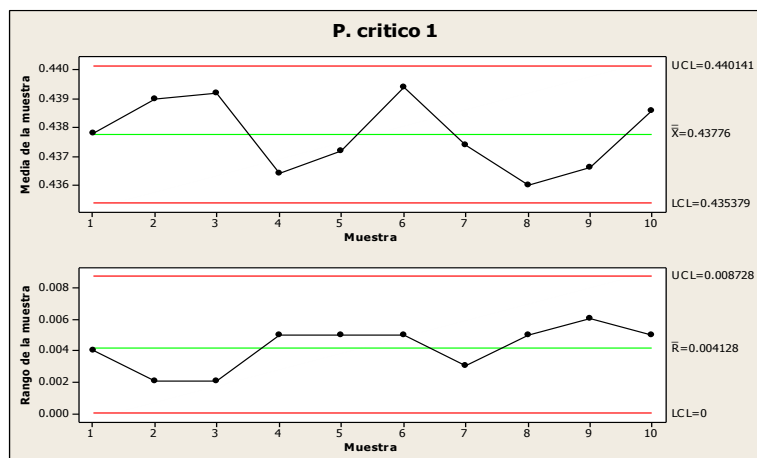


Figura 4.9 Gráfica de control dimensión crítica 1

En la figura 4.9 se representa un proceso estable, donde los datos obtenidos en un periodo de cinco meses se resumen con el objetivo de analizar los datos de forma adecuada y fácil de comprender. El proceso presenta mediante los datos una tendencia aleatoria en su distribución indicando una variación generada principalmente por causas aleatorias o propias del proceso, cumpliendo con lo establecido en la metodología SPC.

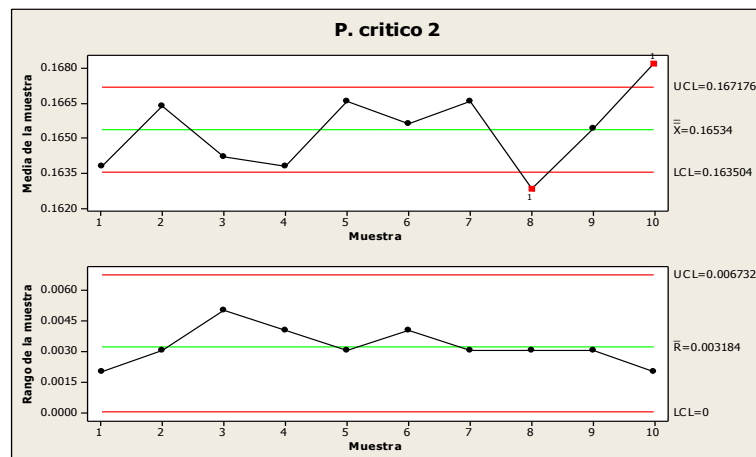


Figura 4.10 Gráfica de control dimensión crítica 2

La figura 4.10 muestra mediante la gráfica un comportamiento inestable con dos puntos fuera de los límites de control. Agregando a esto el comportamiento de los datos a través del tiempo representa muestras muy cercanas a los límites de control inferiores y superiores, por tal motivo se sugiere llevar a cabo un análisis del porqué del comportamiento de los datos de esta manera. Después de llevar un análisis con la aportación del operador, supervisor, ingeniería etc. Se logra determinar las posibles causas del porque de esta variación, encontrando la siguiente solución:

Como punto de partida se genera una lluvia de ideas, donde se involucran desde operadores hasta directivos medios (ingenierías), mediante un consenso se determina se determina la causa raíz del problema de variación, se determina que el problema se presenta en el desgaste del troquel o molde. Por tal motivo se procede a realizar una acción correctiva, reparando el molde. A continuación se ilustra un diagrama de Ishikawa para representar este análisis como la herramienta principal de análisis.

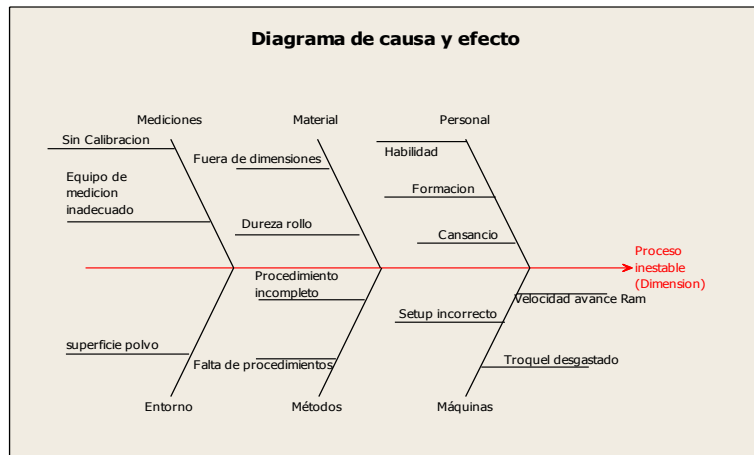


Figura 4.11 Diagrama causa y efecto proceso inestable

La figura 4.11 nos ilustra las causas posibles de variación en el posible, donde después de un consenso se determina que la principal causa se debe al desgaste del molde.

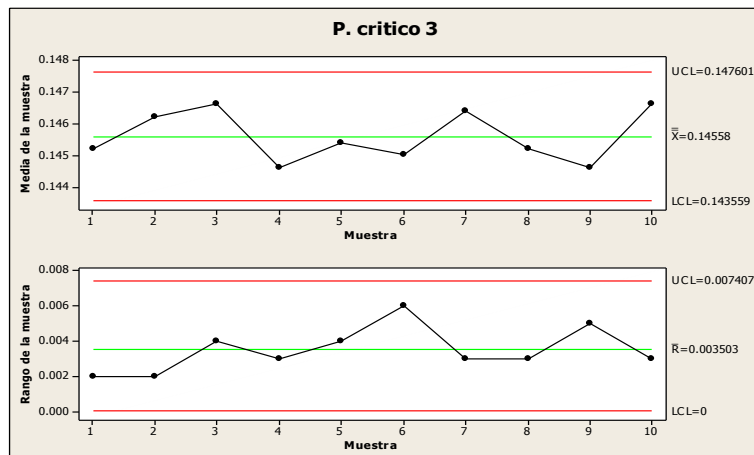


Figura 4.12 Gráfica de control dimensión crítica 3

El resumen representado mediante la gráfica de control de la figura 4.12 muestra un proceso estable con una variación de tipo aleatoria, siendo esta la tendencia ideal. Se observa claramente en los datos de inicio a fin de dicha variación es insignificante por lo que a través del tiempo no se realiza ningún análisis para erradicar dicha variación.

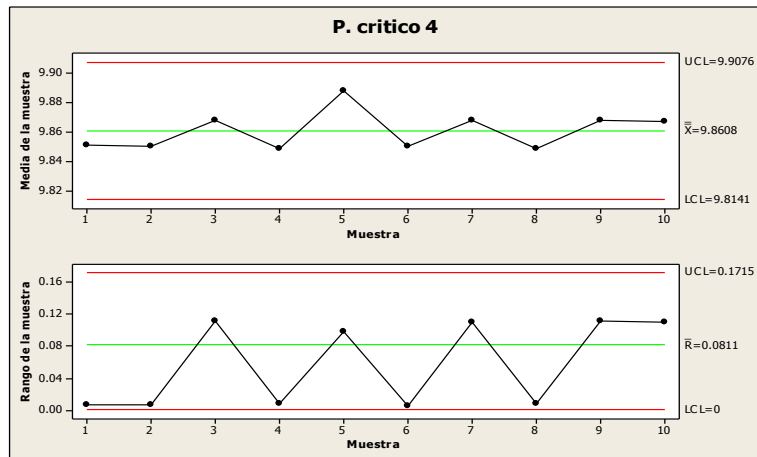


Figura 4.13 Gráfica de control dimensión crítica 4

La grafica 4.13 representa un proceso estable, donde los datos tienen un comportamiento estratificado, es decir, los datos obtenidos de las muestras se encuentran con una adhesión a la media. Esta adhesión se evalúa en el mes tres una vez implementada la metodología, donde después de realizar el análisis se determina que esta variación anormal es causada por realizar lotes de piezas en otra prensa distinta.

Al igual que la dimensión crítica anterior se involucra al personal del proceso, se genera una lluvia de ideas, se realiza un diagrama de Ishikawa con las principales causas del problema. Después de un censo se determina como causa raíz la rotación del proceso entre diferentes prensas automáticas, se corregirá esta causa evitando la rotación mencionada. Se monitoreara el comportamiento del proceso en los meses siguientes.

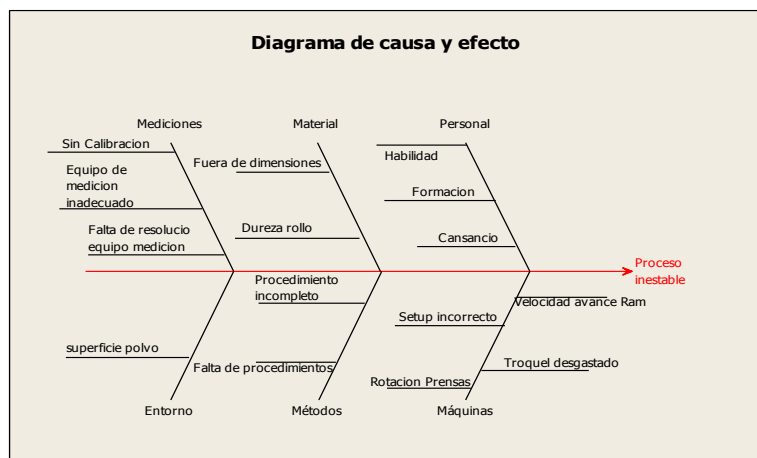


Figura 4.14 Diagrama causa y efecto proceso inestable 2

La figura 4.14 anterior representa un diagrama de Ishikawa, donde se ilustran las principales causas de variación o inestabilidad para esta dimensión, concluyendo que la causa raíz del problema se encuentra en la rotación del proceso de una prensa a otra.

4.2.1.1.4 Número de parte 661803

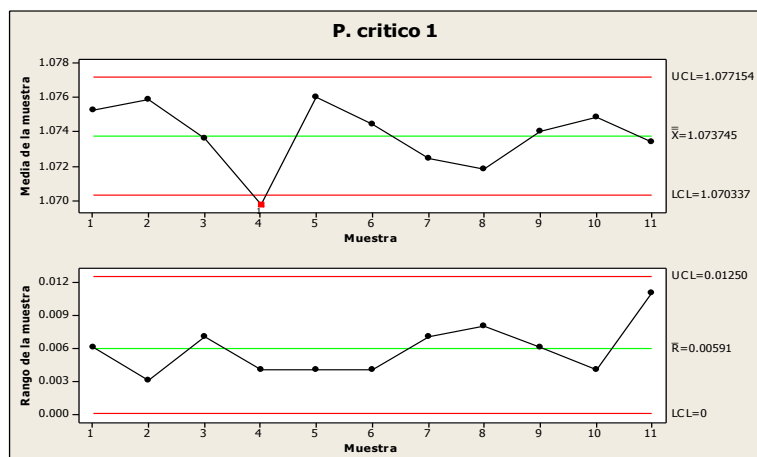


Figura 4.15 Gráfica de control dimensión crítica 1

La figura 4.15 muestra un proceso inestable, dentro del resumen de análisis establecido en este apartado. Sin embargo se debe recordar que a través del tiempo se hace un análisis, por lo tanto en el en el segundo mes de análisis podemos observar la inestabilidad presente en el proceso, por tal motivo se realizó un análisis para determinar la causa raíz del problema de variación, encontrando lo siguiente: el problema se presenta en una matriz del molde, la cual presentaba gran desgaste, se repara manteniendo el proceso estable en los siguientes periodos.

Se observa como el proceso se estabiliza en los meses siguientes una vez que se repara el molde, es importante mencionar que la causa raíz se identifica después de formar un grupo que en base a su experiencia dio solución a esta problemática de variación. La temática desarrollada para esta operación prácticamente consistió en generar una lluvia de ideas de las posibles causas, las cuales se representaron mediante un diagrama de Ishikawa de la siguiente manera.

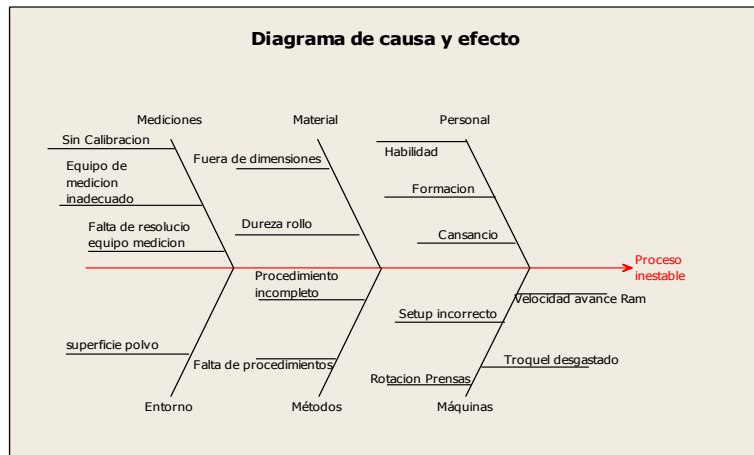


Figura 4.16 Diagrama causa y efecto proceso inestable 3

La figura 4.16 representa un análisis para determinar la posible causa de variación en el proceso, obteniendo como resultado como causa raíz el desgaste presente en el molde.

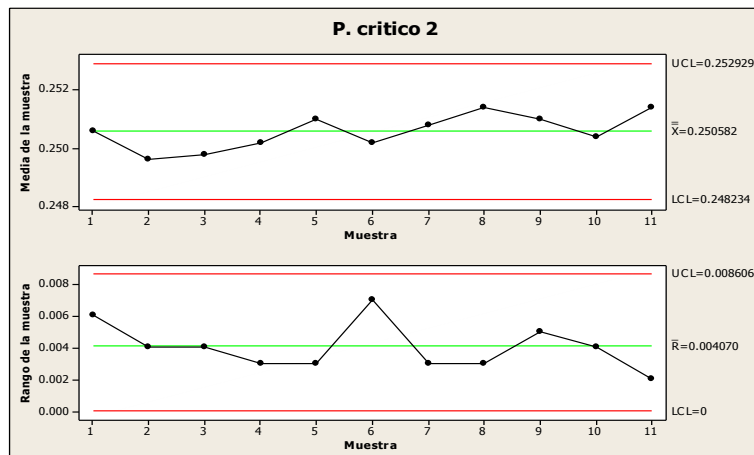


Figura 4.17 Gráfica de control dimensión crítica 2

La figura 4.17 ilustra una gráfica de control con un comportamiento estable, primeramente encontramos en las primeras muestra tomadas un comportamiento promedio con puntos debajo del límite central, realizando un pequeño giro en el segundo promedio encontrando los datos sobre el limite central, en general esta dimensión crítica presenta un comportamiento normal con la simple acción de realizar los procedimientos establecidos del proceso.

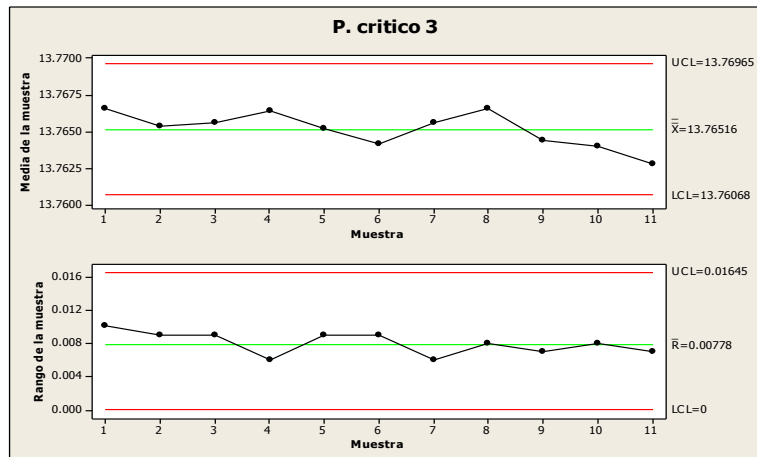


Figura 4.18 Gráfica de control dimensión crítica 3

Se observa en la figura 4.18 un proceso estable con un comportamiento de los datos muestrales a través del tiempo con una tendencia más cercana hacia el límite central, recordando que la tendencia de estabilidad se vio favorecida durante el periodo de implementación de la metodología SPC.

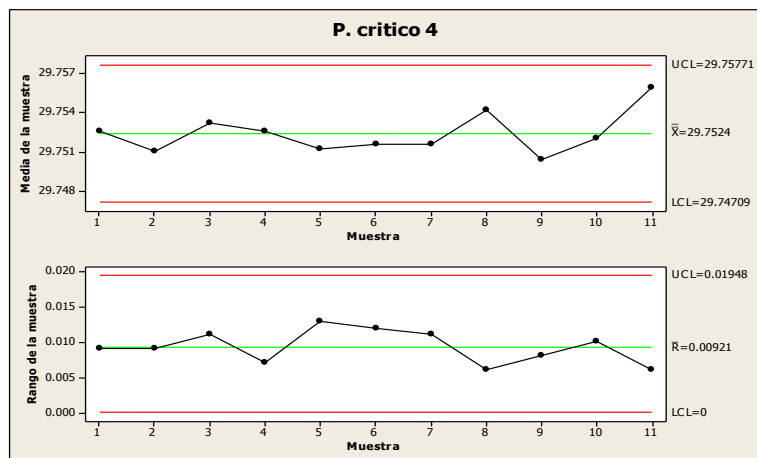


Figura 4.19 Gráfica de control dimensión crítica 4

Después de visualizar la figura 4.19 muestra una gráfica de control correspondiente al análisis de estabilidad de la dimensión crítica cuatro, en cada uno de los días analizados se encuentra un proceso estable. Los datos muestrales del último mes presenta una posible tendencia ascendente, donde se inicia un análisis con el objetivo de encontrar la causa raíz.

El análisis propuesto propone que la variación presente es ocasionada por el desgaste en el molde. Se toma análisis de la dimensión crítica 1 de este número de parte.

4.2.1.2 Análisis de capacidad del proceso

Una vez realizado el análisis de estabilidad es recomendable evaluar si la capacidad del proceso es aceptable, por ello se evaluarán los números de parte siguientes: 98009814, 680493, 651967 y 661803.

4.2.1.2.1 Número de parte 98009814

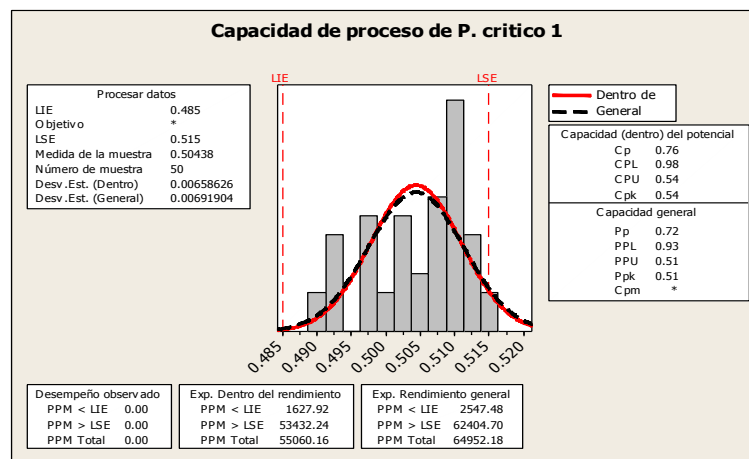


Figura 4.20 Capacidad del proceso: dimensión crítica 1

La figura 4.20 muestra un proceso incapaz, donde las muestras analizadas superan los límites de control de la gráfica de capacidad, se debe recordar que es un resumen de los datos obtenidos en un periodo de cinco meses de monitoreo del proceso. Las acciones requeridas para mejorar el proceso son similares a las planteadas para el análisis de estabilidad, objetivo reducir la variabilidad.

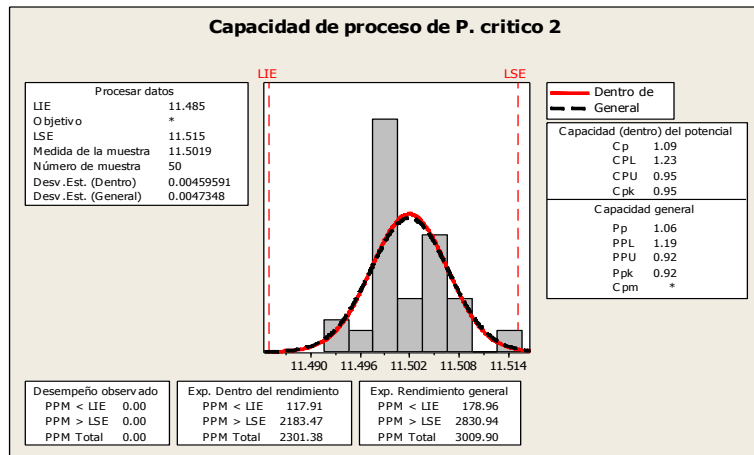


Figura 4.21 Capacidad del proceso: dimensión crítica 2

En la figura 4.21 se observa un proceso de bueno a regular, esto se valora después de visualizar el cpk el cual tiene un índice de .95. Es necesario reducir la variabilidad con el objetivo de centrar más el proceso. Con este índice obtenido se comprende que se cumple con las especificaciones de diseño, sin embargo es necesario mejorar el proceso.

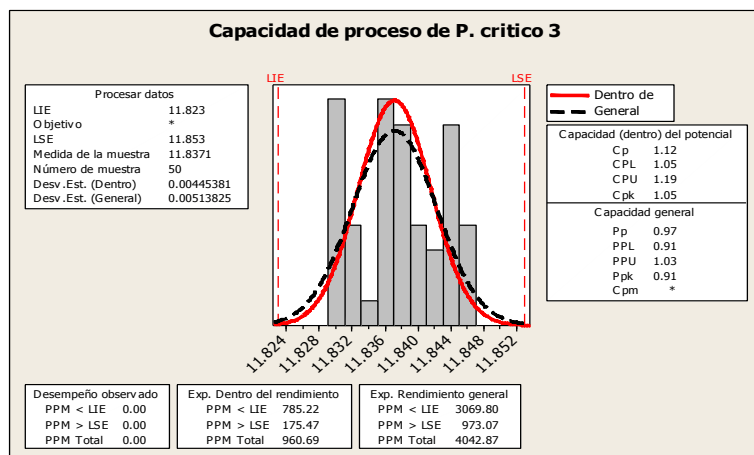


Figura 4.22 Capacidad del proceso: dimensión crítica 3

La figura 4.22 muestra que la capacidad del proceso para esta dimensión es buena, únicamente se recomienda mejorarla ya que el valor ideal mínimo es el 1.33, de cualquier manera se ha mejorado en este rubro con la implementación de la metodología SPC.

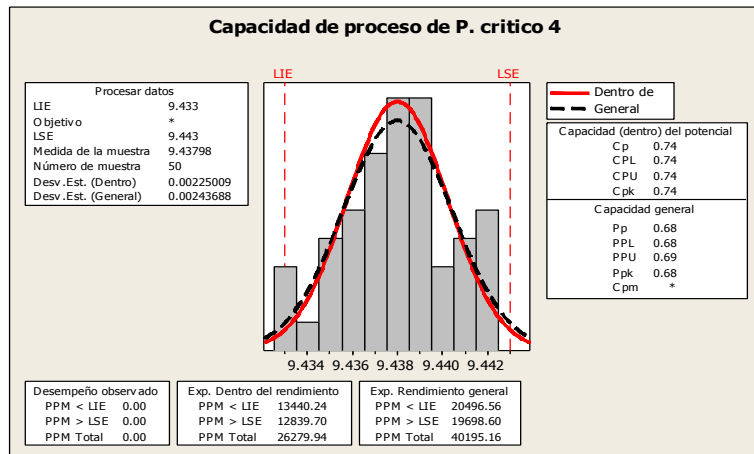


Figura 4.23 Capacidad del proceso: dimensión crítica 4

La figura 4.23 ilustra una capacidad de proceso muy baja, lo cual indica que las muestras obtenidas se encuentran cerca de límites naturales, es decir, cerca de las especificaciones establecidas entre el proveedor y el cliente. Esto se corrige reduciendo la variabilidad y acercándose más a la media del proceso.

4.2.1.2.2 Número de parte 680493

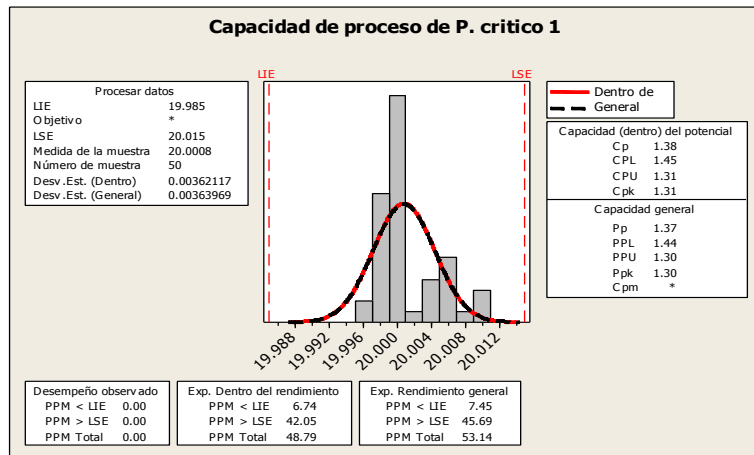


Figura 4.24 Capacidad del proceso: dimensión crítica 1

Se observa en la figura 4.24 un proceso bueno donde tiene el valor ideal, mostrando que es capaz debido a que sus datos están muy cerca de su valor nominal de diseño. Cumplir con

las especificaciones del cliente es el objetivo principal, con este resultado sin duda se puede decir que nuestro proceso es de calidad.

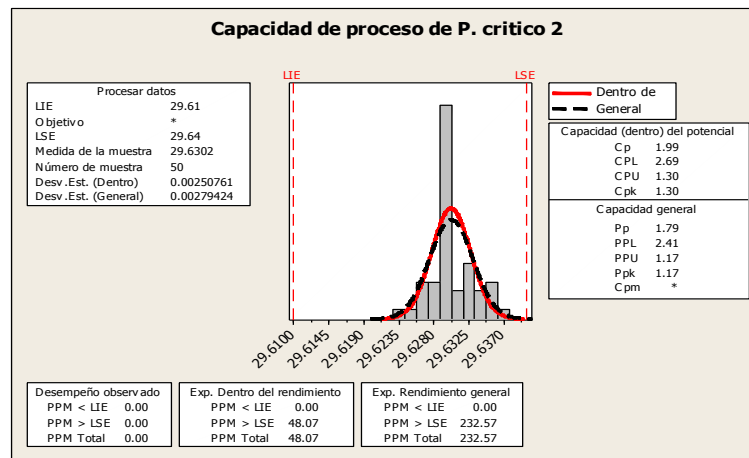


Figura 4.25 Capacidad del proceso: dimensión crítica 2

La figura 4.25 muestra un proceso bueno donde tiene el valor ideal, mostrando que es capaz debido a que sus datos están muy cerca de su valor nominal de diseño. Cumplir con las especificaciones del cliente es el objetivo principal, con este resultado sin duda se puede decir que nuestro proceso es de calidad satisfaciendo las necesidades al cliente.

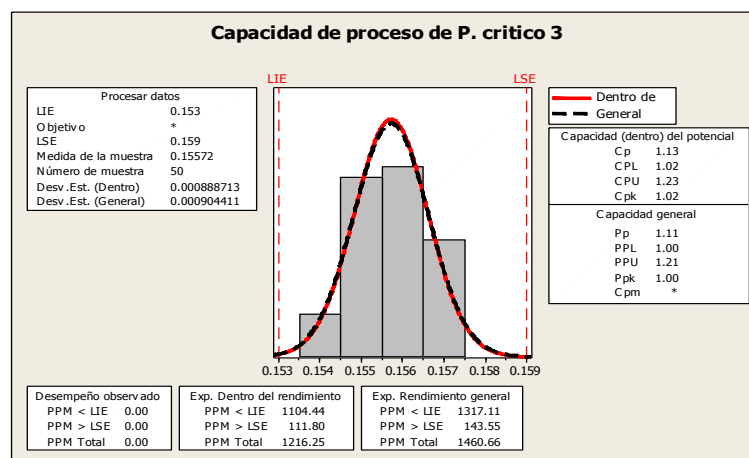


Figura 4.26 Capacidad del proceso: dimensión crítica 3

En la figura 4.26 se observa un proceso de regular a bueno con el resultado obtenido mediante el índice de capacidad cpk, lo cual indica que debemos mejorar el proceso con el

objetivo de hacerlo más capaz y estable, y lograr la satisfacción del cliente. Esto no quiere decir que no se esté cumpliendo con las especificaciones naturales, porque si se está realizando esto, sin embargo se debe reducir la variabilidad acercando los valores a la media nominal del proceso.

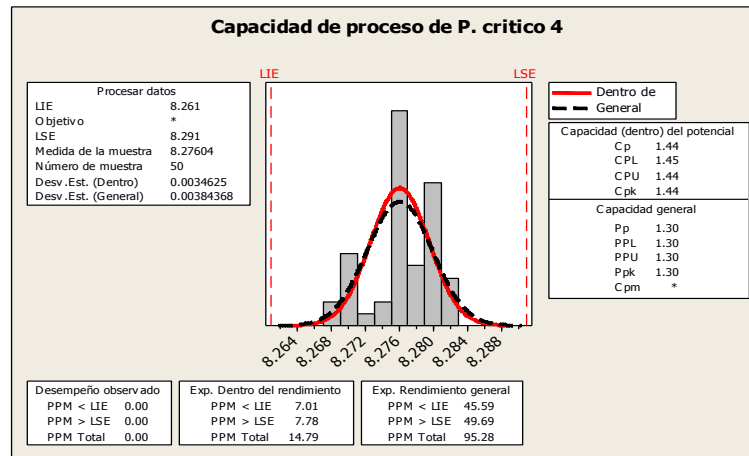


Figura 4.27 Capacidad del proceso: dimensión crítica 4

Se observa en la figura 4.27 un proceso bueno donde tiene el valor ideal, mostrando que es capaz debido a que sus datos están muy cerca de su valor nominal de diseño. Cumplir con las especificaciones del cliente es el objetivo principal, con este resultado sin duda se puede decir el proceso es de calidad.

4.2.1.2.3 Número de parte 651967

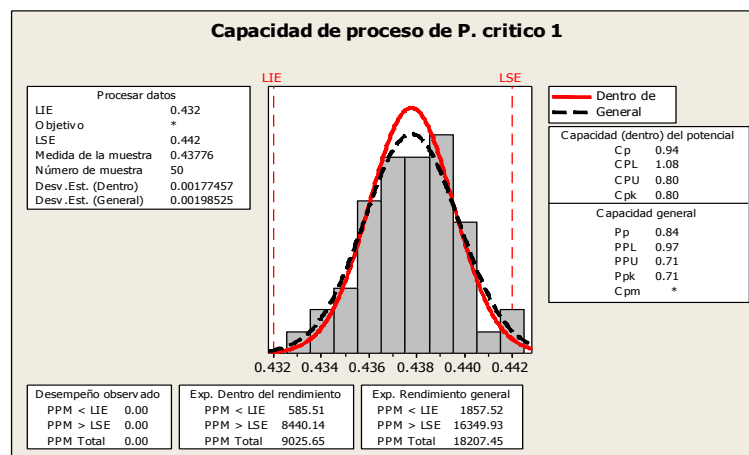


Figura 4.28 Capacidad del proceso: dimensión crítica 1

La figura 4.28 muestra una gráfica que ilustra un proceso con un índice de capacidad algo bajo, por tal motivo se recomienda verificar esta incapacidad del proceso, lo cual indica que esta radica en la variación presente, la cual se disminuirá logrando controlar el proceso estadísticamente mediante las herramientas de este proyecto.

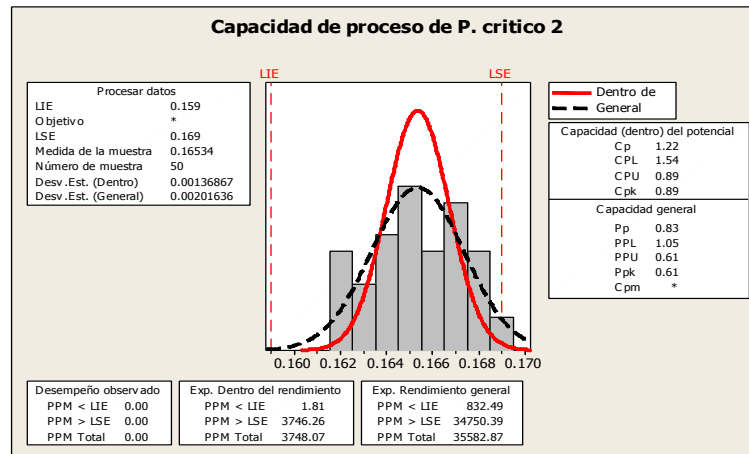


Figura 4.29 Capacidad del proceso: dimensión crítica 2

La figura 4.29 muestra una gráfica que ilustra un proceso con un índice de capacidad algo bajo, por tal motivo se recomienda verificar esta incapacidad del proceso, lo cual indica que esta radica en la variación presente, la cual se disminuirá logrando controlar el proceso estadísticamente mediante las herramientas de este proyecto.

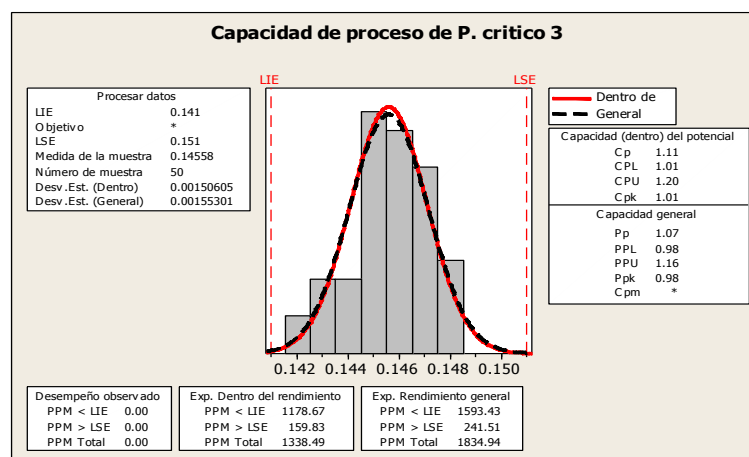


Figura 4.30 Capacidad del proceso: dimensión crítica 3

En la figura 4.30 se observa un proceso de regular a bueno con el resultado obtenido mediante el índice de capacidad cpk, lo cual indica que debemos mejorar el proceso con el objetivo de hacerlo más capaz y estable, y lograr la satisfacción del cliente. Esto no quiere decir que no se esté cumpliendo con las especificaciones naturales, porque si se está realizando esto, sin embargo se debe reducir la variabilidad acercando los valores a la media nominal del proceso.

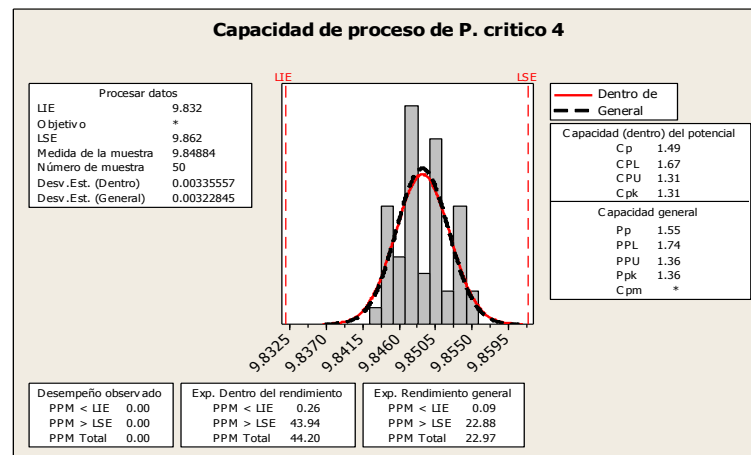


Figura 4.31 Capacidad del proceso: dimensión crítica 4

La figura 4.31 muestra un proceso bueno donde tiene el valor ideal, mostrando que es capaz debido a que sus datos están muy cerca de su valor nominal de diseño. Cumplir con las especificaciones del cliente es el objetivo principal, con este resultado sin duda se puede decir que el proceso es de calidad satisfaciendo las necesidades al cliente.

4.2.1.2.4 Número de parte 661803

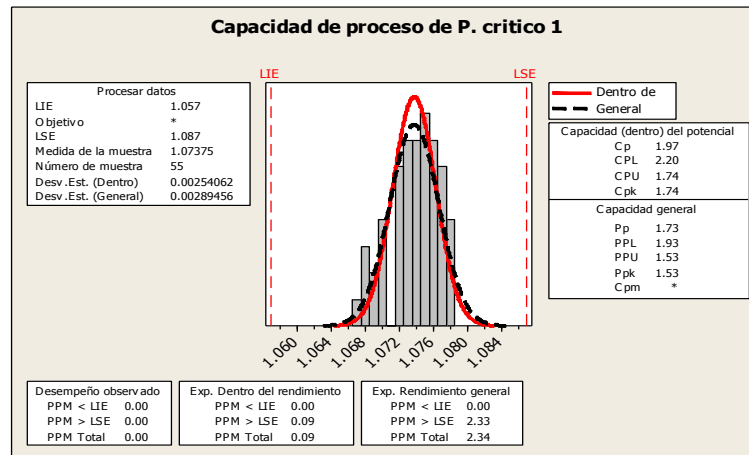


Figura 4.32 Capacidad del proceso: dimensión crítica 1

Se observa en la figura 4.32 un proceso muy bueno donde tiene un valor ideal, mostrando que es capaz debido a que sus datos están muy cerca de su valor nominal de diseño. Cumplir con las especificaciones del cliente es el objetivo principal, con este resultado sin duda se puede decir que nuestro proceso es de buena calidad.

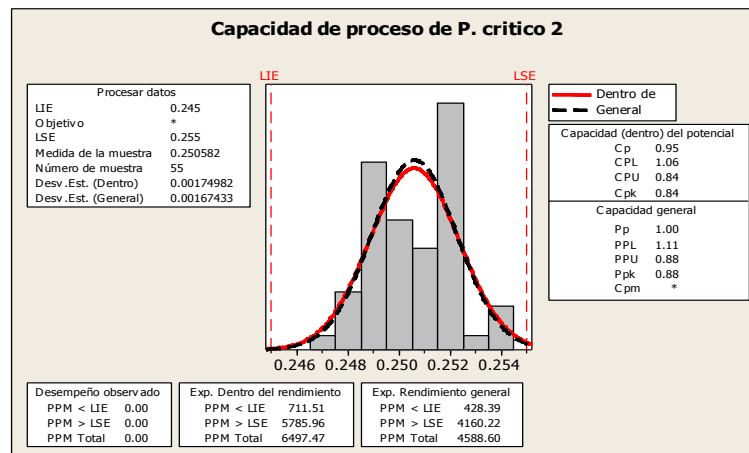


Figura 4.33 Capacidad del proceso: dimensión crítica 2

La figura 4.33 muestra una gráfica que ilustra un proceso con un índice de capacidad algo bajo, por tal motivo se recomienda verificar esta incapacidad del proceso, lo cual indica que esta radica en la variación presente, la cual se disminuirá logrando controlar el proceso estadísticamente mediante las herramientas de este proyecto.

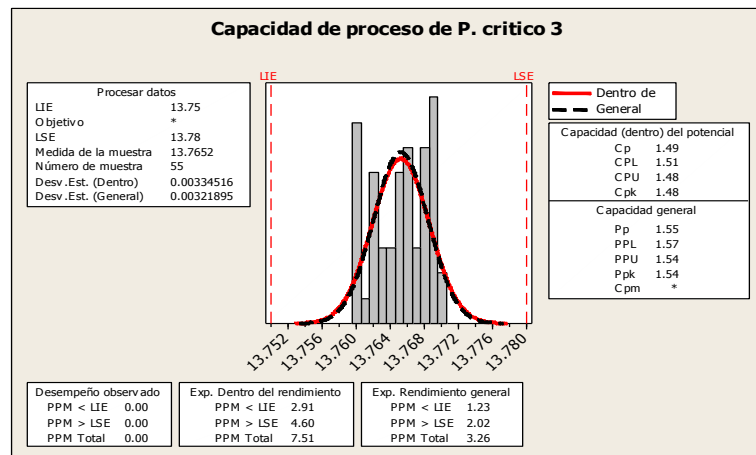


Figura 4.34 Capacidad del proceso: dimensión crítica 3

Se observa en la figura 4.34 un proceso bueno donde tiene el valor ideal, mostrando que es capaz debido a que sus datos están muy cerca de su valor nominal de diseño. Cumplir con las especificaciones del cliente es el objetivo principal, con este resultado sin duda se puede decir que nuestro proceso es de calidad.

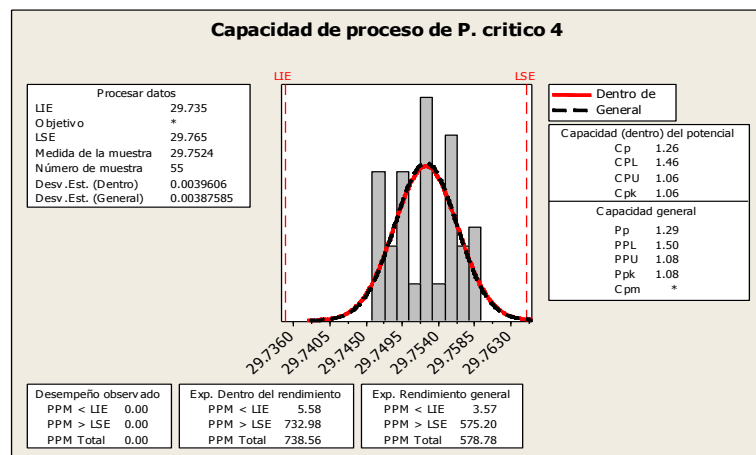


Figura 4.35 Capacidad del proceso: dimensión crítica 4

En la figura 4.35 se observa un proceso de regular a bueno con el resultado obtenido mediante el índice de capacidad cpk, lo cual indica que debemos mejorar el proceso con el objetivo de hacerlo más capaz y estable, y lograr la satisfacción del cliente. Esto no quiere decir que no se esté cumpliendo con las especificaciones naturales, ya que si se está

realizando esto, sin embargo se debe reducir la variabilidad acercando los valores a la media nominal del proceso.

4.2.3 Costo beneficio del proyecto

Una vez realizado el analisis de estabilidad y capacidad, se valoró la variación presente del proceso en especial la de los cuatro numeros de parte analizados en este proyecto. Obteniendo una disminución de los desechos o scrap del proceso, mediante la siguiente tabla se representa esta característica.

Tabla 4.1 Costos por desperdicios del proceso

Mes	Costos 2010	Costos 2011
Ene	11.9989	10.56156
Feb.	12.67675	9.877877
Mar	11.67666	8.515511
Apr	10.65679	7.135428
May	11.76789	
Jun	9.851131	
Jul	9.187162	
Aug	13.16718	
Sep	12.17672	
Oct	12.76162	
Nov	14.87167	
Dec	11.88789	

La tabla anterior muestra una relación de los costos de scrap o desperdicios del proceso generada durante el año 2010 y 2011, se debe recordar que la metodología SPC se implementa en el mes de Diciembre del 2010, lo obtenido en este mes no dice mucho, es lógico, las muestras generadas del proceso fueron mínimas, en los siguientes meses se observa una disminución en el scrap o desperdicio del proceso como consecuencia de realizar ajustes al proceso, una vez que se conoce su comportamiento, esto mediante el monitoreo obtenido con la metodología SPC.

Los datos de la tabla 4.1 indican que se lleva por buen camino la mejora del proceso de fabricación en especial los números de parte analizados en este proyecto, ya que la variación esta disminuyendo, por consecuencia los costos generados por desperdicios del proceso estan son menores (reducen) y aumenta la productividad.

Una vez representado los costos generados por scrap del proceso de fabricación (números de parte evaluados en este trabajo de tesis), el departamento de producción proporciona la información presentada en la tabla 4.2. Tomando como referencia el 100% como la producción total planeada, se visualizan los porcentajes de producción total alcanzados por mes.

Realizando un análisis comparativo de desperdicios o scraps entre el año 2010 y 2011, se puede observar una disminución promedio de 0.82% y un incremento de la producción de 0.84% al parecer un valor no significativo, sin embargo una vez que se producen altos volúmenes, esta cifra es muy significativa. En la tabla 4.1 se muestra la diferencia de producción y desperdicios entre el año 2010 y 2011.

Tabla 4.2 Comparativo producción y desperdicios en %

Mes	Producción 2010	Producción 2011	Diferencia producción	Scrap o desperdicios en 2010	Scrap o desperdicios en 2011
Ene	97.9%	98.6%	.7%	2.1%	1.4%
Feb.	97.7%	98.7%	1.0%	2.3%	1.3%
Mar	98%	98.9%	0.9%	2%	1.1%
Apr	98.3%	99.1%	.8%	1.7%	.9%
Promedio	97.98%	98.83%	0.84%	2.03%	1.21%

4.3 Conclusiones

Con la implementación de la metodología SPC se logra reducir la variabilidad de los siguientes números de parte: 98009814, 680493, 651967 y 661803, todo esto encaminado a reducir desperdicios y realizar operaciones de retrabajo que no le dan valor al proceso.

Debemos recordar que se logra una disminución de desperdicios de 0.82% y un incremento de la producción de 0.84%, lo cual indica que se cumple el objetivo de este proyecto de tesis.

Lograr lo antes mencionado se consigue de la siguiente manera:

- 1.- Reconocimiento del área de fabricación, definiendo las características principales del proceso.
- 2.- Identificación de las dimensiones críticas de los números de parte del proceso de fabricación, como punto de partida para llevar a cabo el análisis de estabilidad y capacidad del proceso.
- 3.- Se realiza un análisis previo de capacidad y estabilidad del proceso antes de implementar la metodología de forma correcta.
- 4.- Formulación de plan de muestreo adecuado al proceso y metodología SPC
- 5.- Sensibilización del personal de la empresa con curso sobre metodología SPC
- 6.- Creación de formatos para la implementación de la metodología SPC
- 7.- Análisis de capacidad y estabilidad de algunos números de parte, como inicio para la implementación en todo el proceso de fabricación.
- 8.- Resultados después de implementar la metodología

Al aplicar la metodología en la empresa Broan Building Products México, se obtuvo una mejora sustancial; donde se obtiene reducir la variabilidad presente en los números de parte a evaluar en este proyecto de tesis, sin embargo la variabilidad en algunas partes del proceso de fabricación persiste, lo cual tiende a disminuir a través del tiempo, es decir, una

vez que se monitorea cada uno de los números de parte del área de fabricación se genera la información necesaria para conocer el proceso y en base a esto generar un análisis útil para tomar decisiones que permitan la mejora del proceso.

Las barreras que se presentaron durante la implementación de la metodología SPC, primera la resistencia al cambio por parte de los operarios, se salva esta barrera capacitándolos mediante cursos SPC y hacerles conciencia de la importancia de esta metodología. Segunda barrera, aplicar un plan de muestreo de acorde a la organización por los recursos que absorbe llevar a cabo las muestras, se implementa un plan de muestreo de acuerdo mutuo con la empresa y las características de la metodología SPC.

El desarrollo de la metodología SPC fue muy satisfactorio, tanto por la implementación en sí, además este proyecto establece una guía para ser utilizada en un proceso completo, tal es el caso del proceso de fabricación, donde se elaboran mas de cincuenta ensambles diferentes. Además, sirve de base para implementarse en otros procesos diferentes de la empresa, como es el caso soldadura y pintura.

Bibliografía

- [1] Control estadístico de procesos con dinámica: revisión del estado del arte y perspectivas de futuro, Alberto Ferrer, ESTADÍSTICA ESPAÑOLA Vol. 46, Núm. 155, 2004, págs. 19 a 47.
- [2] Tesis Aportaciones al conocimiento de las propiedades estadísticas de los gráficos de control para la media, Carmen Capilla Roma, Universidad politécnica de Valencia, 1991.
- [3] Tamaño y frecuencia muestral en gráficas de control, Rafael Romero Villafranca, Carmen Capilla, Questiió, Vol 13,no 1,2,3 pp 95 103,1989.
- [4] Cartas de Control Estadístico de Procesos en el Monitoreo de la Mortalidad Perinatal, Nora E. Montoya-Restrepo¹ y Juan C. Correa-Morales², Rev. salud pública. 11 (1): 92-99, 2009
- [5] Señales de falta de control en graficas X, Carmen Capilla Roma, Universidad politécnica de Valencia, estadística española Vol. 35. Núm. 134, 1993, págs. 665 a 682
- [6] Control estadístico de calidad y seis sigma, Humbert Gutierrez Pulido, Roman de la vara Salazar, editorial Mc Grawhill, 2004
- [7] Control de calidad y estadística industrial, Duncan, editorial alfaomega, 1996
- [8] Control de calidad, Jerry Banks, Editorial Limusa 1998
- [9] Control estadístico de calidad, Eugene L.Grant, Richard S. Leavenworth. Editorial Mcgrawhill, 1986
- [10] Manual de control de calidad, J.M. Juran, Frank M. Gryna, Mcgrawhill, 1993
- [11] Control de calidad, Dale H. Besterfield, Prentice Hall, 1995

[12] Douglas Montgomery (2004). *Introduction to Statistical Quality Control*. Nueva York: John Wiley & Sons, Inc., pp. 776. [ISBN 9780471656319](#).

Glosario de términos

AvD

Average Duration por sus siglas en ingles, se define como la duración promedio entre el tamaño y frecuencia del muestreo de una población determinada

Capacidad del proceso

Se dice que un proceso es capaz cuando cumple con las especificaciones de diseño, es decir, la variación presente en el proceso se encuentra dentro de las tolerancias permisibles necesarias para que se considere un producto de calidad.

Control estadístico del proceso

Conjunto de herramientas estadísticas utilizadas para monitorear la variación presente un proceso, donde se argumentan dos tipos de causas de variación: causas comunes, son aquellas propias del sistema las cuales se pueden erradicar únicamente rediseñando el mismo. Las causas especiales, se deben a la mala operación del proceso, es decir, cuando no se sigue con los lineamientos establecidos para cumplir con ciertas características del mismo.

Cpi

Siglas utilizadas para denotar la capacidad del proceso del límite inferior.

Cps

Siglas utilizadas para denotar la capacidad del proceso del límite superior.

Estabilidad

Se puede definir de la siguiente manera; el proceso de fabricación de un producto x se determinará primeramente por el diseño del mismo, donde se enfatizan sus especificaciones y tolerancias permitidas en virtud de una característica particular del mismo, durante la etapa de producción se ajustan todos los elementos necesarios para cumplir con dichas

especificaciones y por último se inspecciona para verificar si se cumple con esas especificaciones.

Gráficas de control

Un diagrama de control es una herramienta estadística utilizada para monitorear si un proceso está en control. De igual manera mediante la utilización de las gráficas de control se puede alcanzar un estándar en un proceso que se desee obtener, puede ser el instrumento para alcanzar esta meta y además puede ser el medio para comprobar si realmente se alcanzó este objetivo.

Gráficas de control por variables

Son utilizadas para evaluar características de calidad tipo continuo es decir, todas aquellas que son medibles y se pueden analizar o medir con algún instrumento de medición.

Gráficas de control por atributos

Se aplican para evaluar características de calidad no continua o no medible, simplemente realizan la función de conforme o no conforme, es decir, pasa o no pasa cierta característica de calidad evaluada.

Índice Cp

Índice CPK

Calcula lo que el proceso es capaz de producir si el objetivo del proceso está centrado entre los límites de la especificación. En caso de que la media del proceso no esté centrada, $\hat{C}_p$ sobreestima la capacidad del proceso. $\hat{C}_{pk} < 0$ si la media del proceso se sitúa fuera de los límites de especificación. Presupone que el resultado del proceso esta aproximadamente distribuido de forma normal.

Limites de control

Son los límites de conformidad de una unidad individual en una operación de manufactura de servicios.

LSE – LIE

Dentro el análisis de capacidad de proceso se encuentran estos dos límites: LSE (límite superior de especificación) y LIE (límite inferior de especificación).

Mejora continua

Es una estrategia, y como tal constituye una serie de programas generales de acción y despliegue de recursos para lograr objetivos completos, pues el proceso debe ser progresivo.

Minitab

Software estadístico que permite realizar análisis cuantitativos y cualitativos para la gestión de la calidad, en particular para desarrollar análisis de estabilidad y capacidad de un proceso.

Números de parte

Se define como los ensambles que se elaboran en el area de fabricación

Pert-cpm

Metodología utilizada en el diseño de nuevos proyectos, es decir, se establecen una serie de actividades a realizar para cumplir con el proyecto en un determinado tiempo, con la cual se puede estimar aquellas actividades que son criticas para el proyecto y no pueden atrasarse, ya que repercutiría en el tiempo total del mismo.

Prensa automática

Mecanismos hidráulicos o neumáticos utilizados para ejercer presión mecánica en un determinado molde y con esto dar forma a un determinado metal

SPC

Statistical process control (Por sus siglas en ingles), traducido control estadístico del proceso.

Troquel

Molde de metal utilizado en prensas manuales o automáticas que sirve para da forma a un determinado metal.

ANEXOS

Anexo 1. Figura 3.12 Capacidad del proceso fabricación

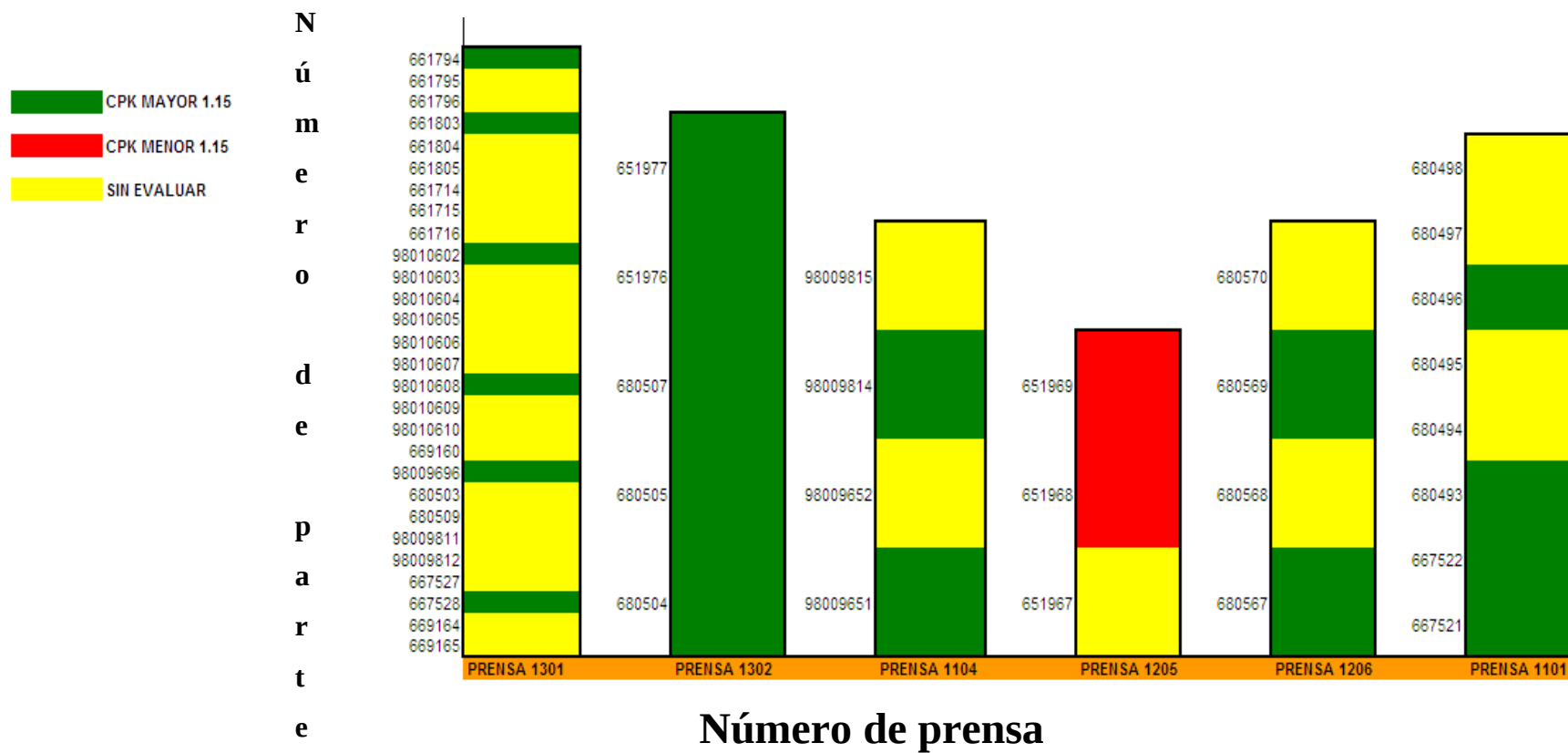


Figura 3.12 Capacidad del proceso fabricación

[illegible]

109

Anexo 3. Figura 3.16 Dimensiones criticas representadas

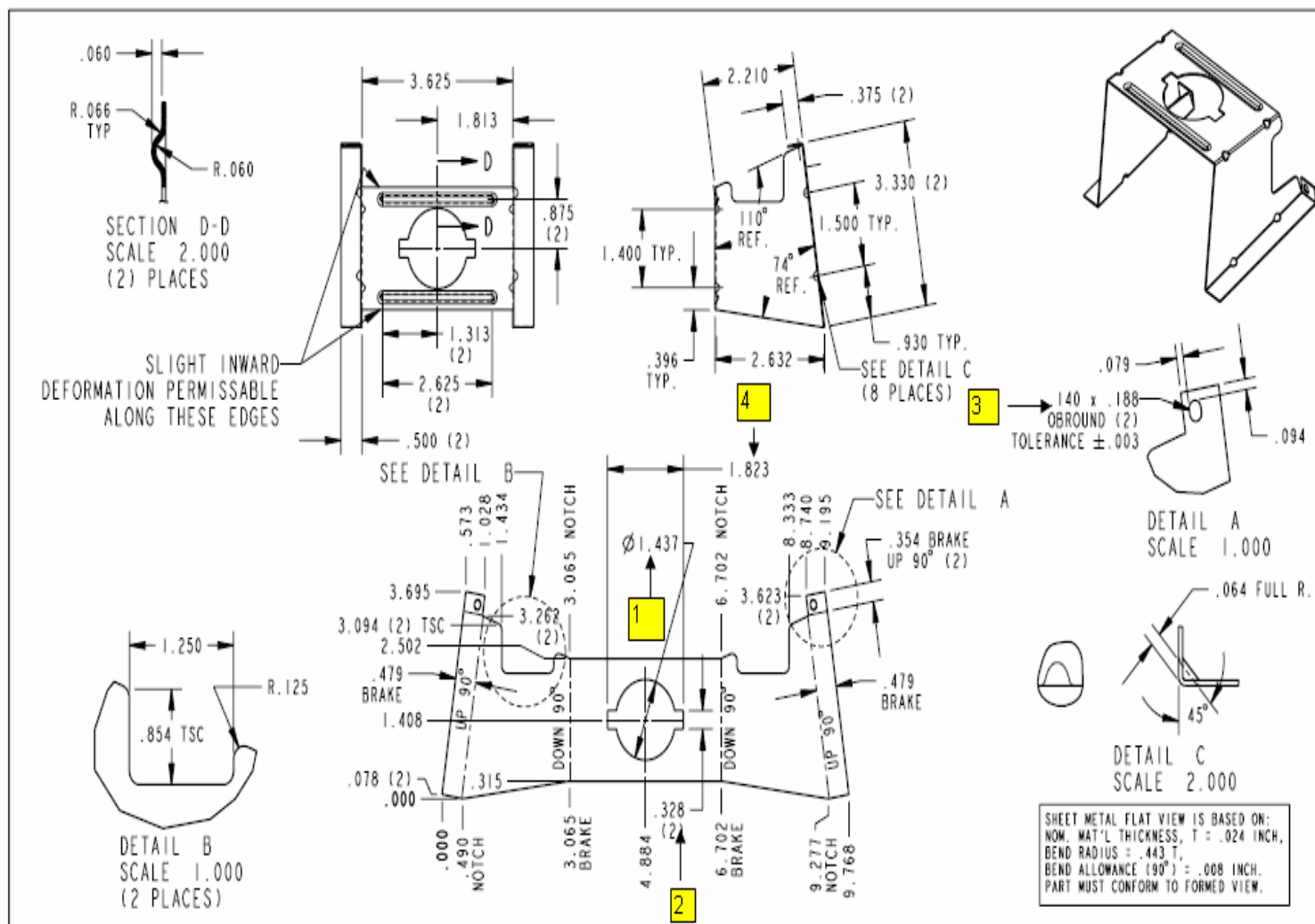


Figura 3.16 Dimensiones críticas representadas

Anexo 4. Figura 3.17 Procedimiento SPC fabricación

BROAN NuTone		PUNTOS CRITICOS DE MEDICION		Página de	
AREA: Fabricacion			NUMERO DE PARTE: 651976A77A		
Prensa: 1302			DESCRIPCION DEL COMPONENTE: LIGHT BRACKET CRSSS		
Punto critico No.	Inst. a utilizar	Características	Unidad de medida	Especificación	
				MIN.	NOM.
1	Vernier	Diametro	Pulgadas	1.432	1.437
2	Transportador	longitud	Pulgadas	0.313	0.328
3	Vernier	longitud	Pulgadas	.137X.177	.140X.180
4	Vernier	longitud	Pulgadas	1.808	1.823
5					
6					
				APROBADO POR TECNICO METROLOGIA:	
				APROBADO POR INGENIERO DE CALIDAD:	
Anotar las especificaciones de este formato en el registro de dimensiones criticas T-F-FB-007 tal cual se define en la parte de arriba. Características Importantes: - Contar con la herramienta de medicion necesaria. - Verificar que se cuente con la documentacion necesaria. - Al iniciar la toma de medidas verificar que la escala del de los equipos de medicion se encuentren en su posicion de inicio. - Verificar que no presente rayas, abolladuras o algun tipo de contaminacion. - Si la medicion se realiza con gages verificar que la pieza a analizar ensamble perfectamente en el mismo y con su etiqueta de calibracion. - Documentar de forma clara sus mediciones. - Una vez realizadas las mediciones especificadas colocar la herramienta y documentacion en el lugar apropiado.					

Figura 3.17 Procedimiento SPC fabricación

Anexo 5. Figura 3.18 Ruta crítica plan muestreo

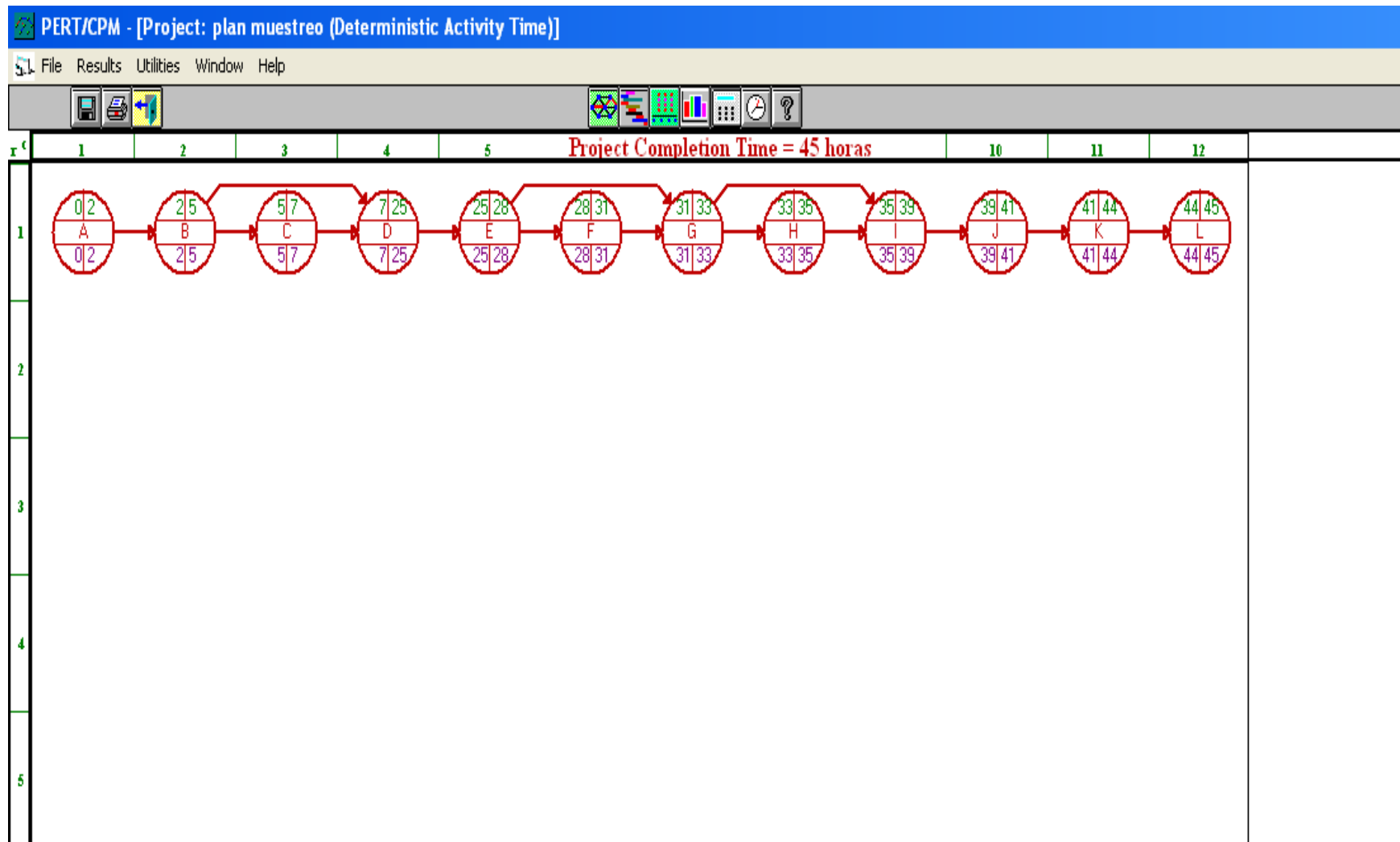


Figura 3.18 Ruta crítica plan muestreo

Anexo 6. Figura 3.19 Tiempo plan muestreo

PERT/CPM - [Activity Analysis for plan muestreo]								
File Format Results Utilities Window Help								
06-29-2010 13:36:37	Activity Name	On Critical Path	Activity Time	Earliest Start	Earliest Finish	Latest Start	Latest Finish	Slack (LS-ES)
1	A	Yes	2	0	2	0	2	0
2	B	Yes	3	2	5	2	5	0
3	C	Yes	2	5	7	5	7	0
4	D	Yes	18	7	25	7	25	0
5	E	Yes	3	25	28	25	28	0
6	F	Yes	3	28	31	28	31	0
7	G	Yes	2	31	33	31	33	0
8	H	Yes	2	33	35	33	35	0
9	I	Yes	4	35	39	35	39	0
10	J	Yes	2	39	41	39	41	0
11	K	Yes	3	41	44	41	44	0
12	L	Yes	1	44	45	44	45	0
	Project Completion Time	=	45	horas				
	Number of Critical Path(s)	=	8					

Figura 3.19 Tiempo plan muestreo

Anexo 7. Figura 3.20 Actividades plan de muestreo

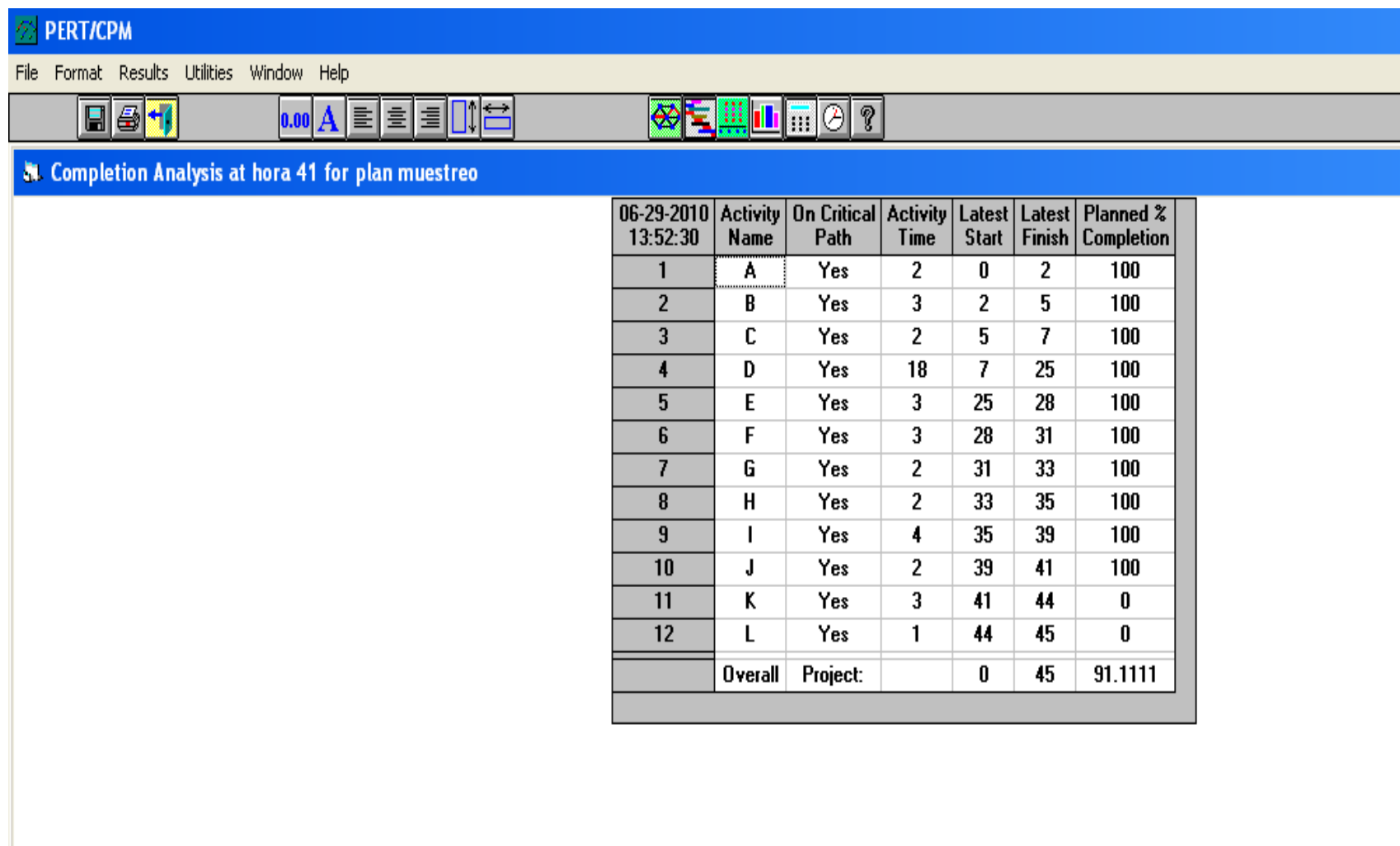


Figura 3.20 Actividades plan de muestreo

Anexo 8. Figura 3.21 Gráfica de Gantt plan de muestreo

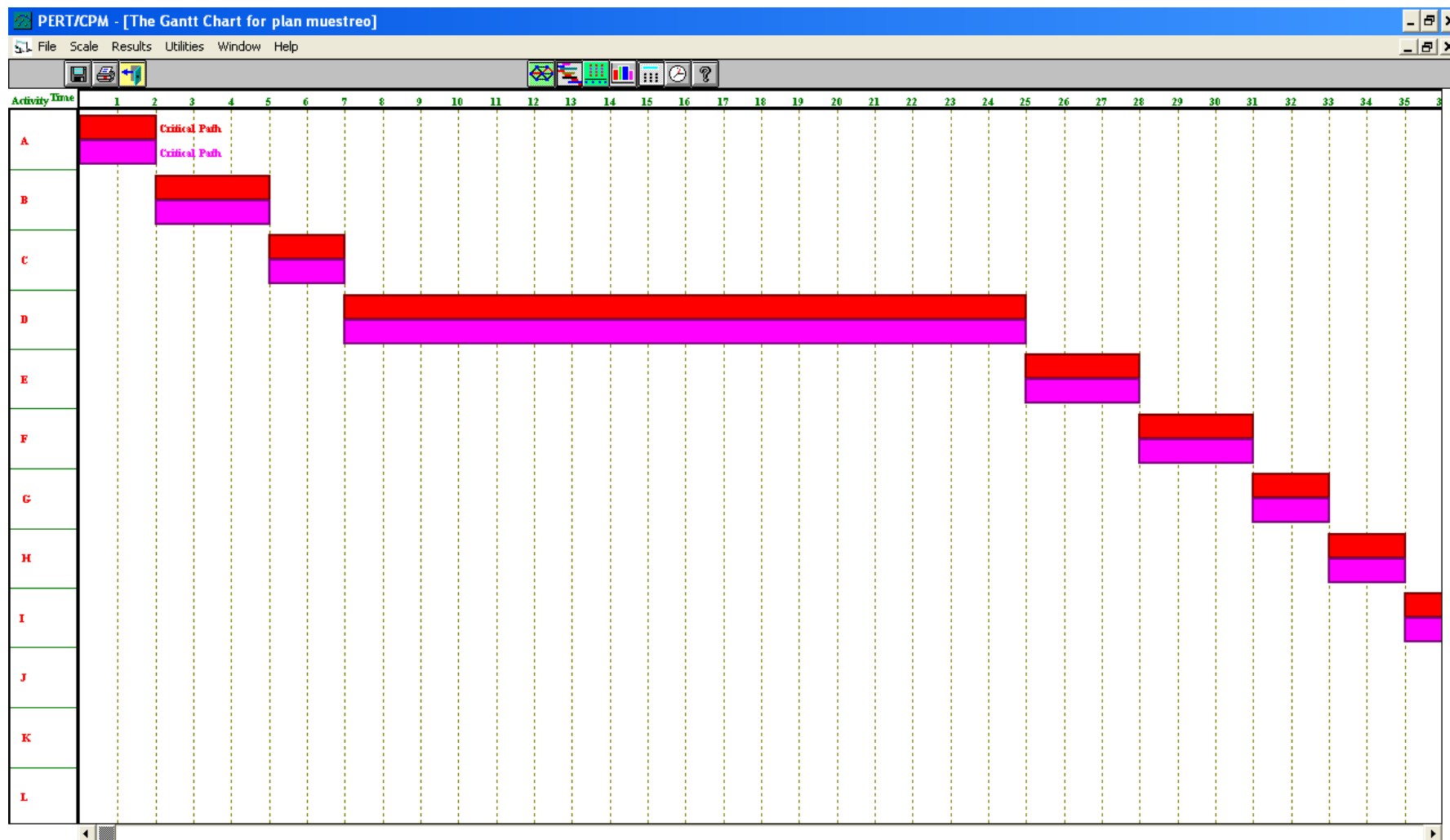


Figura 3.21 Gráfica de Gantt plan de muestreo