



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

NOMBRE DEL PROYECTO

IMPLEMENTACION DE CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS
EN LA EMPRESA CLERPREM S.A.P.I DE C. V

TITULACION POR INFORME DE RESIDENCIAS
PROFESIONALES

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERÍA INDUSTRIAL

PRESENTA:
LUZ ELENA PERALTA DE LA FUENTE

NOMBRE DEL ASESOR:
ING. MARIA ELENA CARMONA BONILLA

APIZACO, TLAX., AGOSTO 2025



Apizaco, Tlax. 27/febrero/2025

Asunto: Liberación de Proyecto para Titulación Integral

ISRAEL JORGE SÁNCHEZ SÁNCHEZ
JEFE DE LA DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES
PRESENTE

Por este medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación integral:

Nombre del Egresado:	LUZ ELENA PERALTA DE LA FUENTE
Carrera:	INGENIERÍA INDUSTRIAL
No. De control:	20370579
Nombre del proyecto:	"IMPLEMENTACIÓN DE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS EN LA EMPRESA CLERPREM S.A.P.I DE C.V"
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

EXCELENCIA EN EDUCACION TECNOLOGICA. ®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL


ARMANDO BARRAZA HINIESTA
JEFE DEL DEPTO. INGENIERÍA INDUSTRIAL


MAARÍA ELENA CARMONA BONILLA
ASESOR INTERNO

c.c.p._Div. Est. Prof. (interesado)
c.c.p._Archivo



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241)
4172010 Ext. 144, e-mail: subplan@apizaco.tecnm.mx tecnm.mx |





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Tzompantepec, Tlaxcala, 19/mayo/2025

LUZ ELENA PERALTA DE LA FUENTE
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CON NÚMERO DE CONTROL 20370579
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL y cuyo tema es: IMPLEMENTACIÓN DE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS EN LA EMPRESA CLERPTEM S.A.P.I de C.V, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar 2 USB del mismo, apropiadamente empastados, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DIVISIÓN DE
ESTUDIOS PROFESIONALES

ISRAEL JORGE SÁNCHEZ SÁNCHEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ccp. Archivo
ijss/Gsc*



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec, Municipio de
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010 Ext. 304. e-mail:
dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx



AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a las personas que hicieron que esto fuera posible. Principalmente a mi familia que estuvo conmigo desde el inicio de este duro y largo camino, que a pesar de los obstáculos siempre estuvieron acompañándome, apoyándome y creyendo en mí. A mis padres que a pesar de tener que trabajar, siempre estaban alentándome y ayudándome a ser una mejor estudiante, hija y una mejor persona. A mi hermana que a pesar de la distancia siempre fue un pilar importante en mi educación, guiándome y dándome ánimos en todo momento.

Sin dejar de lado a mi asesora de proyecto el Ing. María Elena Carmona Bonilla, que me brindo el apoyo y soporte en todo momento.

También quiero agradecer al gerente de calidad el Ing. Sergio Ortiz Escamilla por permitirme desarrollar el proyecto en el área y así mismo a los ingenieros del área de calidad en especial al Ing. Rodrigo Osorio que me brindaron el soporte y las herramientas necesarias para poder culminar este proyecto, además de que me brindaron enseñanzas significativas en el campo laboral que me permitieron desarrollarme mejor como profesional.

RESUMEN

El proyecto tuvo como objetivo reducir y eliminar fuentes de variación en las líneas productivas, reduciendo tiempos muertos, cuellos de botella y Scrap en la línea de ensamble de los descansabrazos de la línea de camionetas Taos con el fin de mejorar la calidad del producto y reducir la variabilidad del proceso, garantizando productos conformes con los estándares establecidos por el cliente

Metodología: Se identificaron los parámetros clave del proceso de ensamble (Fuerza de apertura y cierre de los descansabrazos) y se implementaron herramientas de SPC como gráficos de control y análisis de tendencias. Los datos fueron recolectados a través de documentos de control tomados del proceso de producción y se analizaron para detectar causas de variabilidad.

Acciones implementadas:

- Se realizaron ajustes en los procedimientos de ensamble
- Se capacito al personal en el uso de herramientas SPC y en la importancia del control de calidad.
- Se actualizaron formatos y procedimientos del proceso.

Resultados obtenidos

Conclusiones

La implementación del SPC en la línea de ensamble de los descansabrazos permitió alcanzar los objetivos de calidad y eficiencia demostrando la efectividad del control estadístico para mejorar procesos productivos en la industria automotriz. El proyecto también será la base para la mejora continua.

INDICE

INTRODUCCION.....	6
DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA/DEPENDENCIA Y PUESTO O ÁREA DE TRABAJO DEL RESIDENTE.....	7
PRODUCTOS.....	8
MARCO REFERENCIAL.....	9
DEFINICION DEL PROBLEMA	14
OBJETIVOS: GENERAL Y ESPECÍFICOS.....	14
JUSTIFICACIÓN.....	15
LIMITANTES Y ALCANCES.....	16
LIMITANTES	16
ALCANCES	16
Introducción al SPC.....	16
Control estadístico de procesos (SPC).....	17
Variación.....	17
Variación por causas comunes	17
Variación por causas especiales.....	18
Métodos de control.....	19
Control y habilidad del proceso.....	20
Muestreo	21
Medidas estadísticas	22
Medidas muestrales.....	22
Medidas de tendencia central	22
Desviación Estándar	23
Graficas de control	23
Grafica de promedios y rangos	25
Límites de control.....	25
Fórmulas para graficas de control.....	26
¿Qué tipo de grafica usar?.....	27
Definición de señales “fuera de control”	28
PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS	30
PROCEDIMIENTO	33
RESULTADOS	62
CONCLUSIONES	62
COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS.....	76
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	78

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Ilustración 1. Organigrama del departamento de calidad	7
Ilustración 2. Esquema de trabajo y comunicación del departamento de calidad	7
Ilustración 3. Reposabrazos terminado.....	8
Ilustración 4. Espuma reposabrazos.....	8
Ilustración 5. Dibujo de reposabrazos	8
Ilustración 6. Variación: Causas comunes y especiales	18
Ilustración 7. Ciclo clásico de control	19
Ilustración 8. Ciclo de control SPC.....	20
Ilustración 9. Control y habilidad de los procesos.....	21
Ilustración 10. Fórmulas para límites de control de grafica X-Bar R.....	26
Ilustración 11. Diagrama de selección para el uso de graficas de control	27
Ilustración 12. Otros métodos de elección de gráfico de control	28
Ilustración 13. Metodología DMAIC.....	30
Ilustración 14. Camioneta Taos Vorne	33
Ilustración 15. Reposabrazos camioneta Taos	33
Ilustración 16. Interior de la camioneta ensamblada.....	33
Ilustración 17. Matriz de características críticas y especiales VW316 TAOS	34
Ilustración 18. Acuerdo de calidad VW.....	35
Ilustración 19. Flow Chart Taos Clerprem México	36
Ilustración 20. Control de características críticas de Espuma Taos Rev. 11 05.03.2024	37
Ilustración 21. Mapeo del proceso del proyecto Taos Clerprem México.....	38
Ilustración 22. Formato de liberación de primeras piezas	39
Ilustración 23. Formato propio desarrollado para registro de datos.....	40
Ilustración 24. Hoja de trabajo Minitab ®.....	41
Ilustración 25. Límites de control	43
Ilustración 26. Interfaz Minitab ®.....	43
Ilustración 27. Grafica de control X Bar-R.	44
Ilustración 28. Interfaz Minitab ®.....	45
Ilustración 29. Estudio de capacidad Six Pack	45
Ilustración 30. Grafica análisis de capacidad/Densidad	48
Ilustración 31. Grafica Análisis de capacidad/Fuerza de apertura y cierre	49
Ilustración 32. Grafica de análisis de capacidad Peso	51
Ilustración 33. Grafica de análisis de capacidad SPC 1.....	51
Ilustración 34. Grafica. Análisis de capacidad de SPC 2.....	52
Ilustración 35. Grafica. Análisis de capacidad de SPC 3	52
Ilustración 36. Grafica. Análisis de capacidad de SPC 4	53
Ilustración 37. Grafica. Análisis de capacidad de SPC 5	53
Ilustración 38. Grafica. Análisis de capacidad de SPC 6	54
Ilustración 39. Diagrama de pescado variación por causas especiales en el área de ensamble	55
Ilustración 40. Formato Set Up de maquina actual	56
Ilustración 41. Especificaciones dentro del plan de control.....	56
Ilustración 42. Herramienta para medir dispensación de grasa.....	57
Ilustración 43. ST04 ARM TAOS FRONT Assembly Estructura.....	57
Ilustración 44. ST04 ARM TAOS FRONT Assembly Structure	58
Ilustración 45. Set up dispensador de grasa	58
Ilustración 46. Carta de control NP	59
Ilustración 47. Grafica Análisis Six Pack peso de grasa. Elaboración propia	60
Ilustración 48. Datos recolectados de la fuerza de apertura y cierre del descansabrazo.	65

Ilustración 49 Gráfico variación del valor de la media y el rango de la fuerza de apertura y cierre de los descansabrazos.....	65
Ilustración 50. Gráfico estudio Cp y Cpk de la característica fuerza de apertura y cierre.	66
Ilustración 51. Variación del valor de la media y el rango de la dureza del descansabrazos	68
Ilustración 52. Estudio de Cp y Cpk de la característica (Dureza).....	68
Ilustración 53. Variación del valor de la media y el rango del peso presentando en el descansabrazo.....	70
Ilustración 54. Estudio de Cp y Cpk peso.....	70
Ilustración 55. Gráfico de variación de la media y rango de la densidad	72
Ilustración 56. Estudio de Cp y Cpk de la característica "Densidad"	73
Ilustración 57 Variación del valor de la media y el rango de SPC medidos	75

INTRODUCCION

El proyecto se desarrolló dentro de las instalaciones de la empresa Clerprem México S.A.P.I De C.V planta Huamantla, que se encuentra ubicada en la calle 15 de agosto, Lote 11-A. Cuidad Industrial Xicohtencatl II. Dentro de la planta se fabrican diferentes productos y modelos de descansabrazos, cabeceras y asientos para la industria automotriz y ferroviaria mexicana.

El proyecto consiste en la implementación y desarrollo del control estadístico de procesos de la línea de ensamble en el proyecto de descansabrazos de las camionetas Taos de Volkswagen. Dicho control se realizará con datos de parámetros críticos del proceso como lo son: apertura y cierre de los descansabrazos en la línea de ensamble, peso, dureza y densidad en el área de espuma. La implementación se hará a través de las fases de la metodología DMAIC.

En el control de calidad, los índices de capacidad del proceso (cp .) y (Cpk .) son herramientas esenciales para evaluar la eficiencia y consistencia de un proceso de manufactura.

Estos indicadores permiten medir si un proceso es capaz de producir productos dentro de los límites especificados y, lo que es más importante, si estos productos cumplen con los estándares de calidad requeridos.

DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA/DEPENDENCIA Y PUESTO O ÁREA DE TRABAJO DEL RESIDENTE

Nombre de la empresa y/o razón social: CLERPREM MÉXICO S.A.P.I DE C.V. Calle 15 de agosto, Lote 11-A. Cuidad Industrial Xicohtencatl II. 90500, Huamantla, Tlaxcala. México.

Giro: Automotriz

ORGANIGRAMA:

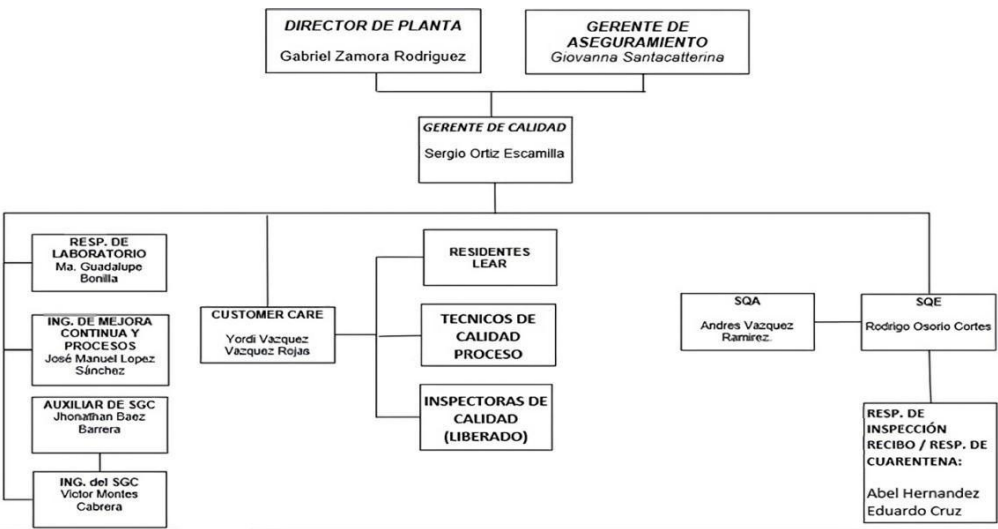


Ilustración 1. Organigrama del departamento de calidad

ESQUEMA DE TRABAJO Y COMUNICACIÓN

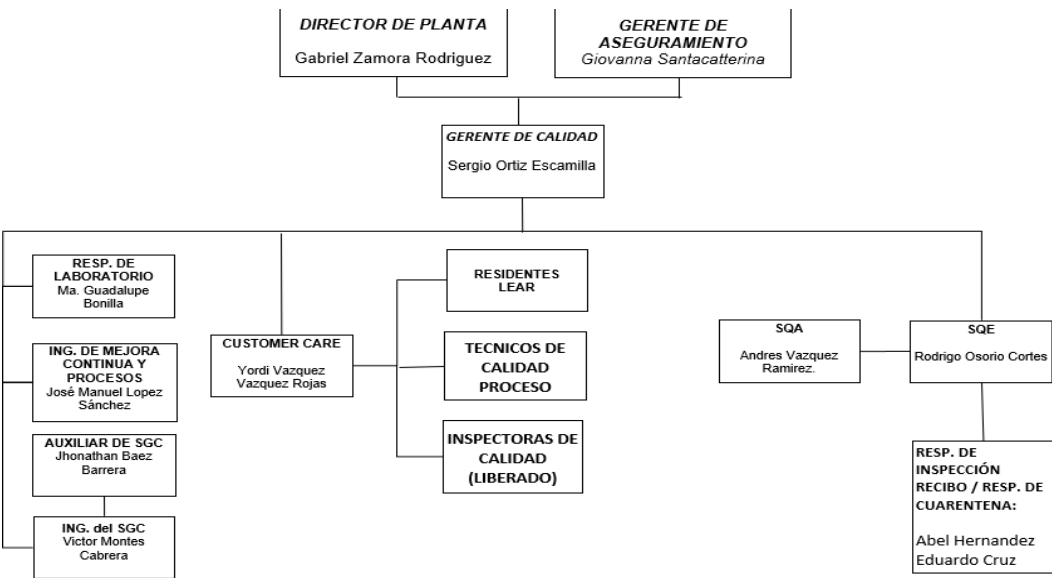


Ilustración 2. Esquema de trabajo y comunicación del departamento de calidad

PRODUCTOS

Dentro de la planta Clerprem México se encuentra el área de espumado, costura, ensamble, la planta está especializada en la espumación de PUR, el corte y la costura de fundas de vinil y tela, el tapizado y el montaje de reposabrazos y refuerzos laterales delanteros y traseros

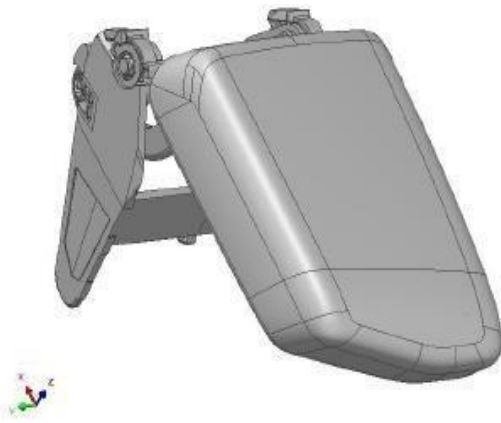


Ilustración 3. Reposabrazos terminado reposabrazos

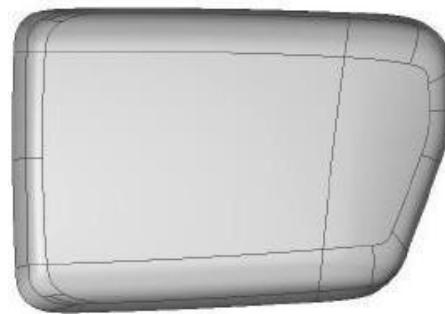


Ilustración 4. Espuma

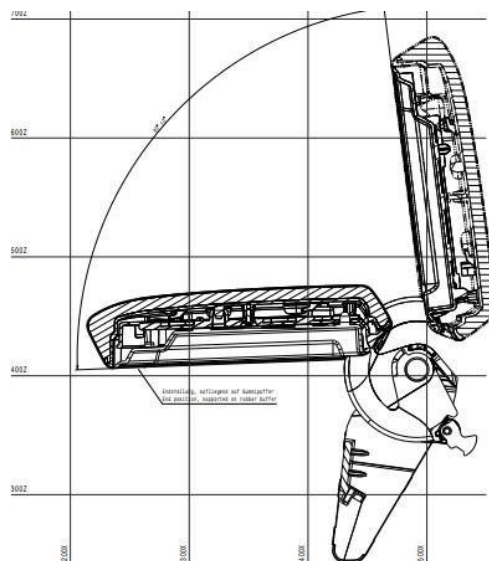


Ilustración 5. Dibujo de reposabrazos

MARCO REFERENCIAL

Clerprem México se estableció en Huamantla, en el estado de Tlaxcala para realizar entregas justo a tiempo a los fabricantes de equipos originales cercanos. La planta está especializada en la espumación de PUR, el corte y la costura de fundas de cuero y tela, el tapizado y el montaje de reposabrazos y refuerzos laterales delanteros y traseros. Dada la lejanía de la sede, goza de mucha autonomía y se especializa en la producción de reposabrazos, reposacabezas, respaldos y espumas de asientos para el mundo americano y mexicano tanto en el sector ferroviario como en el automotriz. Los asientos de los vagones que se producen en esta planta están destinados a las líneas ferroviarias internas del país y en lo que respecta al sector de la automoción, apuesta por el suministro de productos just in time al cliente final de Volkswagen, Audi, BMW y otras compañías.

HISTORIA

1959 – CREACIÓN DE LA EMPRESA

Hace más de 50 años, el fundador Roberto Marchesi estableció en Milán la primera empresa de importación, transformación y distribución en el mercado italiano de bloques de espuma de poliuretano, en ese momento un material muy innovador para cojines, sillones y sofás.

1971 – SEDE Y PRODUCCIÓN

La empresa trasladó sus operaciones a la región veneciana, en Carré, estableciendo la primera y principal planta de fabricación y la futura sede corporativa de Clerprem, convirtiéndose también en uno de los primeros

espumadores italianos de piezas espumadas de poliuretano curado en frío para asientos de automóviles.

1978 – PRIMERA PLANTA JUSTO A TIEMPO

La segunda planta de fabricación se instaló cerca de la Motown de Turín, en Cumia, para moldear reposabrazos, reposacabezas, respaldos y espumas de asientos para la industria automotriz y garantizar entregas justo a tiempo a las plantas locales de los principales fabricantes italianos, como Alfa Romeo, Fiat, Ferrari y Maserati.

1980-1990 – DIVERSIFICACIÓN DE PRODUCTOS Y MERCADOS

Durante los años 80 y 90, Clerprem adquirió nuevos conocimientos y tecnologías y se diversificó en otras gamas de productos, produciendo sillas de oficina, sillones, así como cuero sintético para calzado y bolsos de viaje para la industria de la moda.

1991 – PRIMERA PLANTA EN EL EXTRANJERO

Poco después de la reunificación de Alemania, la compañía se hizo cargo de un fabricante de asientos de vagones de tren de Alemania Oriental cerca de Dresde, estableciendo Clerprem Deutschland y trasladando las operaciones de ensamblaje a una planta en Neustadt en Sa. para la entrega de asientos justo a tiempo a la industria ferroviaria.

2000 – INTRODUCCIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS

Ampliando sus competencias, conocimientos y gama de productos, la empresa estableció una nueva planta en Atessa e introdujo el fresado CNC, la tubería, el

doblado de alambre robotizado y la soldadura MIG, TIG y láser para marcos de asientos, así como la fundición a presión de aluminio y el recubrimiento en polvo.

2008 – EXPANSIÓN FUERA DE EUROPA

Clerprem Tunisie se estableció en Menzel Jemil, en la costa norteafricana. La planta está especializada en espuma de poliuretano, corte y costura de telas y fundas de cuero genuino, doblado y soldadura de alambre robotizado, ensamblaje de piezas de asientos para la industria automotriz y ferroviaria.

2015 – APROXIMACIÓN A AMÉRICA DEL NORTE

Clerprem México se estableció en Huamantla, en el estado de Tlaxcala para realizar entregas justo a tiempo a los fabricantes de equipos originales cercanos. La planta está especializada en la espumación de PUR, el corte y la costura de fundas de cuero y tela, el tapizado y el montaje de reposabrazos y refuerzos laterales delanteros y traseros.

2018 – SOÑANDO CON CALIFORNIA

Clerprem USA se estableció en Sacramento, California, para fabricar sistemas de asientos para vagones de tren y cumplir con los criterios de Buy América. La empresa está especializada en la formación de espuma de PUR sostenible, el corte y la costura de fundas, tapizados y montajes de sistemas de asientos.

Ampliando sus competencias, conocimientos y gama de productos, la empresa estableció una nueva planta en Atessa e introdujo el fresado CNC, la tubería, el doblado de alambre robotizado y la soldadura MIG, TIG y láser para marcos de asientos, así como la fundición a presión de aluminio y el recubrimiento en polvo.

HOY

La empresa familiar, hoy en su segunda generación, opera ahora en Europa, África del Norte y América del Norte y cuenta con alrededor de 1.800 empleados en todo el mundo, para la fabricación y el suministro de sistemas de asientos de primera clase, sus componentes y servicios para mejorar la experiencia y la satisfacción de los clientes en las industrias automotriz y ferroviaria. ¹

FILOSOFÍA EMPRESARIAL

Misión: Diseñamos y fabricamos sistemas y componentes de asientos de primera calidad para cumplir con los exigentes requisitos de las industrias automotriz y ferroviaria.

VALORES:

CALIDAD: Compromiso con la excelencia en la fabricación de sistemas de asientos y componentes premium.

INNOVACIÓN: Desarrollo de productos únicos mediante la combinación de creatividad y tecnología.

SOSTENIBILIDAD: Promoción de prácticas ambientales y sociales sostenibles en todas las operaciones.

ÉTICA EMPRESARIAL: Adherencia a principios de equidad, transparencia, y responsabilidad social.

¹ COMPANY. (2021, junio 29). Clerprem; Clerprem S.A.P.I
<https://www.clerprem.com/>

MEJORA CONTINUA: Aplicación de métodos como Lean Manufacturing, Kaizen, y 5S para optimizar procesos.

DESARROLLO DEL PERSONAL: Enfoque en la capacitación, igualdad de oportunidades, y crecimiento de sus empleados

POLÍTICA INTEGRAL:

La política integral de Clerprem se centra en fomentar el desarrollo personal de los empleados, promover la igualdad de oportunidades, garantizar la sostenibilidad ambiental y social, y adherirse a una ética empresarial auténtica. Además, la empresa aplica manufactura esbelta (Lean Manufacturing), Kaizen y la metodología 5S en sus procesos de producción para combinar productividad y calidad, asegurando la eficiencia y certificación de su sistema de calidad mediante auditorías internas y medición de indicadores clave de desempeño.²

DEPARTAMENTO DE CALIDAD

Es el área que se ocupa de asegurar el cumplimiento de la política de la empresa en este campo. Es decir, verifica que los objetivos que se han planteado en las etapas previas se cumplan dentro de los plazos previstos y con los recursos que han sido asignados. Se encarga de asegurar que los productos fabricados dentro de la planta cumplan con los requisitos acordados con el cliente. Además de supervisa que se cumplan las normas ISO 9001 al igual que IATF 16949.

²Clerprem. About Us. Recuperado de

https://www.clerprem.com/about_us/#pll_switcher

Es un departamento compuesto por las áreas de mejora continua, sistema de gestión de calidad, atención a clientes, proveedores e ingenieros de calidad.

DEFINICION DEL PROBLEMA

Después analizar la situación actual del proceso de los descansa brazos, se determinó que la aplicación y desarrollo del control estadístico de procesos (SPC) resultaría benéfico, ya que dentro de la planta solo se cuenta con los registros, pero la herramienta SPC, proporcionará el comportamiento del proceso y reflejará el nivel de capacidad y habilidad de este además de que buscara robustecer dichos controles. Con esta implementación se lograrán reducir las fuentes de variación por causas comunes y eliminar la variación por causas especiales.

OBJETIVOS: GENERAL Y ESPECÍFICOS

1) Objetivo general

Reducir y eliminar fuentes de variación en las líneas productivas, reduciendo tiempos muertos, cuellos de botella y Scrap a través de la implementación de control estadístico de Procesos (SPC).

2) Objetivos específicos

Objetivos de productividad

- Reducir las fuentes de variación especial en los procesos.
- Reducir los paros no programados en las líneas de producción.

Objetivos de operación

- Reducir reparaciones y reprocesos.

- Reducción de Scrap.
- Reducción de tiempos de reacción ante problemas de calidad.
- Implementación de acciones preventivas por variaciones detectadas en las líneas de producción.

JUSTIFICACIÓN

El control estadístico de proceso es una herramienta que permitirá gestionar la variación presente en el proceso, y asegurar que en el proceso se tienen fuentes de variación normal, permitiendo eliminar la variación por causas especiales.

En la fabricación de los descansabrazos se definen los parámetros (de acuerdo con la matriz de características críticas y especiales) que son usadas para verificar y comparar con las especificaciones, con el objetivo de entregar piezas que cumplan con la calidad requerida del cliente, sin embargo, aún no se cuenta con algún control para asegurarse que el proceso tiene la capacidad y habilidad de responder a las exigencias del cliente.

Con la realización de los gráficos de control y las pruebas estadísticas se establece el procedimiento de toma de datos para asegurar la invariabilidad y se podrá conocer la capacidad del proceso actual, ya que son datos tomados con mayor control y por ende más confiables. Por ello el aseguramiento de niveles de variación estadística aceptables permite una toma de decisiones informada y una rápida reacción ante la aparición de fallas y/o problemas.

LIMITANTES Y ALCANCES

LIMITANTES

- Disponibilidad de producción y recursos.
- Resistencia del personal para la implementación de las acciones correctivas, preventivas y de mejora.
- Paros continuos de las líneas de producción

ALCANCES

- Línea de producción TAOS (VW 316)
- Determinación de puntos de aplicación de Control Estadístico del proceso, variables a controlar, formatos, registros y reportes de la variación.
- Controlar datos específicos que le den valor agregado al proceso

MARCO TEÓRICO

Introducción al SPC

El control estadístico de proceso es una herramienta diseñada por la asociación AIAG, establecida como una Core Tool, enfocada a la mejora continua de los procesos, así como a las personas involucradas en el mismo. SPC es un sistema de retroalimentación rápida que evalúa las actividades del personal de la planta, materiales, métodos, maquinaria y procesos.

Se debe considerar que el control estadístico no es una herramienta de solución de problemas; es más bien una herramienta para el manejo eficiente del proceso o negocio. El objetivo del SPC es reducir la variabilidad del proceso y del producto para incrementar el nivel de calidad de los bienes producidos, para satisfacer a los clientes, reducir desperdicios, evitar reprocesos y reclamos;

facilitando de esta manera el trabajo en la planta. Se debe tener en cuenta que el producto final no determina la calidad, la calidad se hace y se controla a través de todo el proceso de producción, desde que el producto es diseñado, contemplando la materia prima hasta su fabricación final.

La aplicación de técnicas estadísticas para controlar resultados (tales como partes) debiera ser sólo un primer paso. Hasta que los procesos que generen los resultados lleguen a ser el enfoque de nuestros esfuerzos, la potencia total de estos métodos para mejorar la calidad, incrementar la productividad reducir costos puede no ser totalmente reconocida.

Control estadístico de procesos (SPC):

El uso de técnicas estadísticas como los gráficos de control para analizar un proceso o sus resultados con el fin de tomar las medidas. Acciones para lograr y mantener un estado de control estadístico y mejorar la capacidad del proceso.

Variación

La variación es la diferencia inevitable entre las salidas de un proceso.

Variación por causas comunes

se refieren a las tantas fuentes de variación que están actuando consistentemente en un proceso. "Causas comunes dentro de un proceso generan una distribución estable y repetible en el tiempo. Esto es llamado "en un estado de control estadístico", "en control estadístico", o algunas veces sólo "en control". Causas comunes generan un sistema estable de causas aleatorias. Si solo causas comunes de variación están presentes y no cambian, los resultados de un proceso son predecibles.

Variación por causas especiales

Se refieren a cualquier factor causando variaciones que afecten solo algunos resultados del proceso. Estas a menudo son intermitentes e impredecibles. Las causas especiales son señalizadas por uno o más puntos fuera de los límites de control o por patrones no aleatorios de puntos dentro de los límites de control.

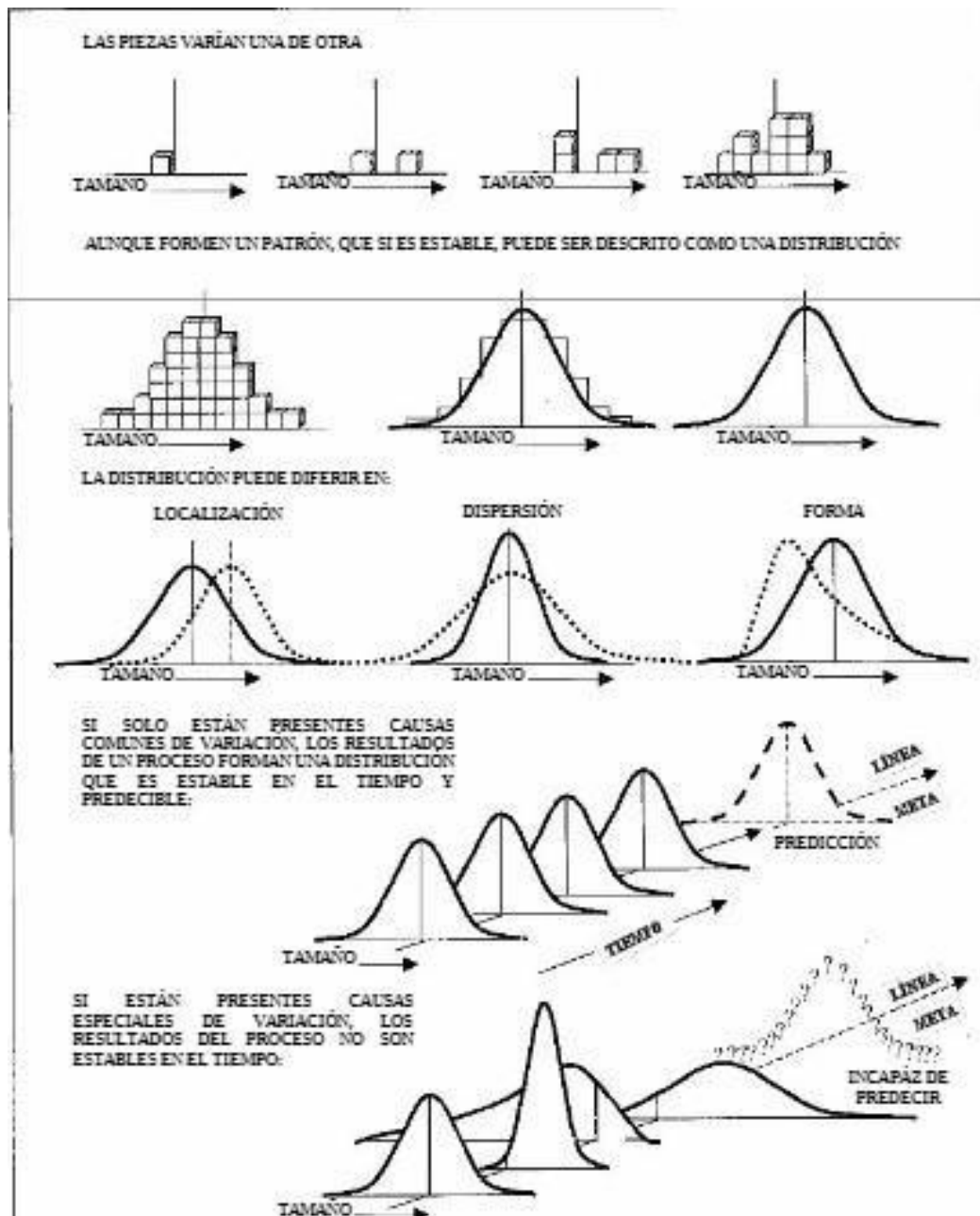


Ilustración 6. Variación: Causas comunes y especiales

Métodos de control

Tradicionalmente, el control de calidad ha sido la inspección, un método en el cual el bien es elegido cuando la producción es completada. Este método genera altos costos, altos índices de Scrap y menor calidad en los productos. A esto se le conoce como “ciclo clásico de control”.

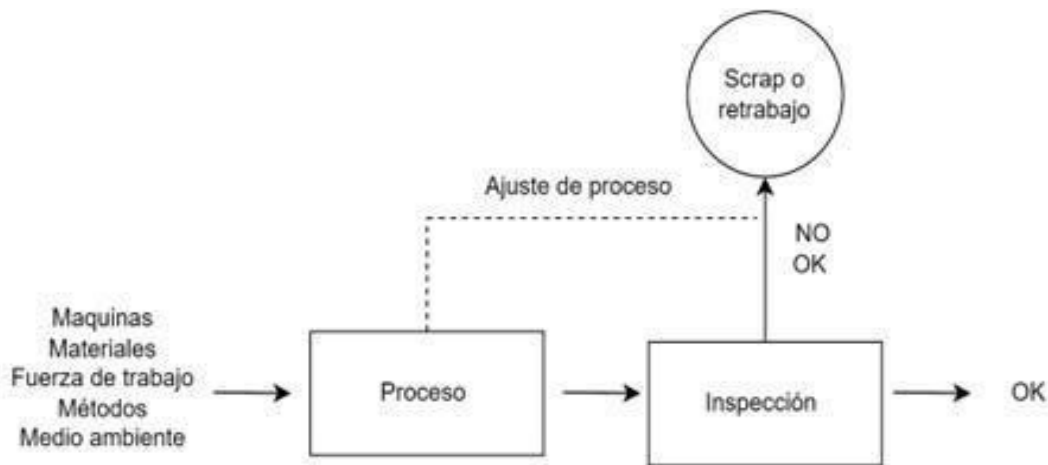


Ilustración 7. Ciclo clásico de control.

El ciclo de control SPC (Figura 2) es diferente. En él, el proceso es monitoreado durante la producción y los ajustes son hechos al proceso antes de que se produzcan partes o productos fuera de especificaciones. Esto reduce la variabilidad, Scrap y los costos de inspección al mismo tiempo que está mejorando la calidad.

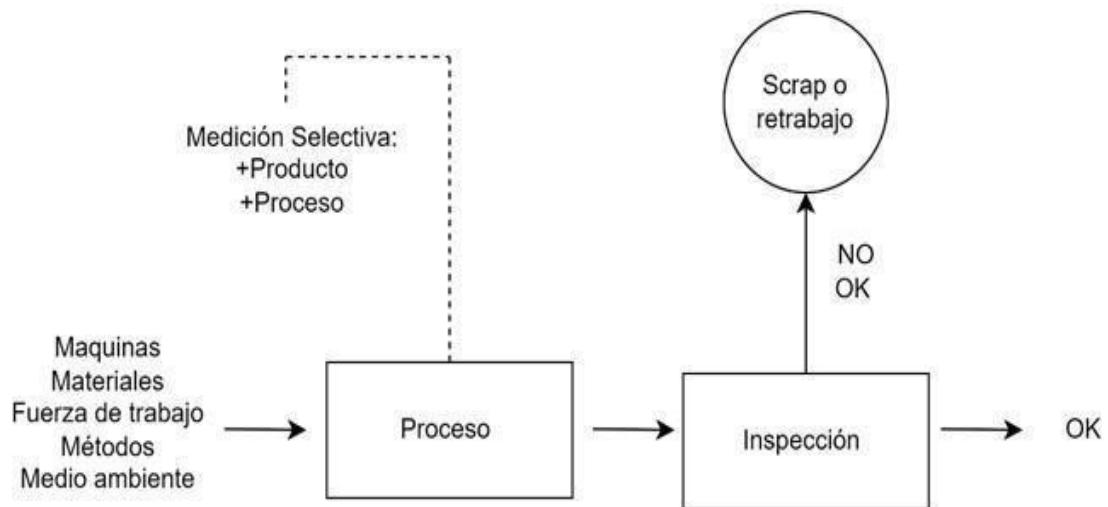


Ilustración 8. Ciclo de control SPC.

Control y habilidad del proceso

Cuando se habla de habilidad en los procesos, dos conceptos un tanto contrastantes necesitan ser consideradas:

- Habilidad del proceso
- Desempeño del proceso

La habilidad del proceso es determinada por la variación que proviene de causas comunes.

Generalmente representa el mejor desempeño del proceso. Esto se demuestra cuando el proceso ha sido operado en un estado de control estadístico independientemente de las especificaciones.

Sin embargo, los clientes están más preocupados por el desempeño, esto es, el resultado global del proceso y como se relaciona con sus requerimientos (definidos por las especificaciones), independientemente de la variación del proceso.

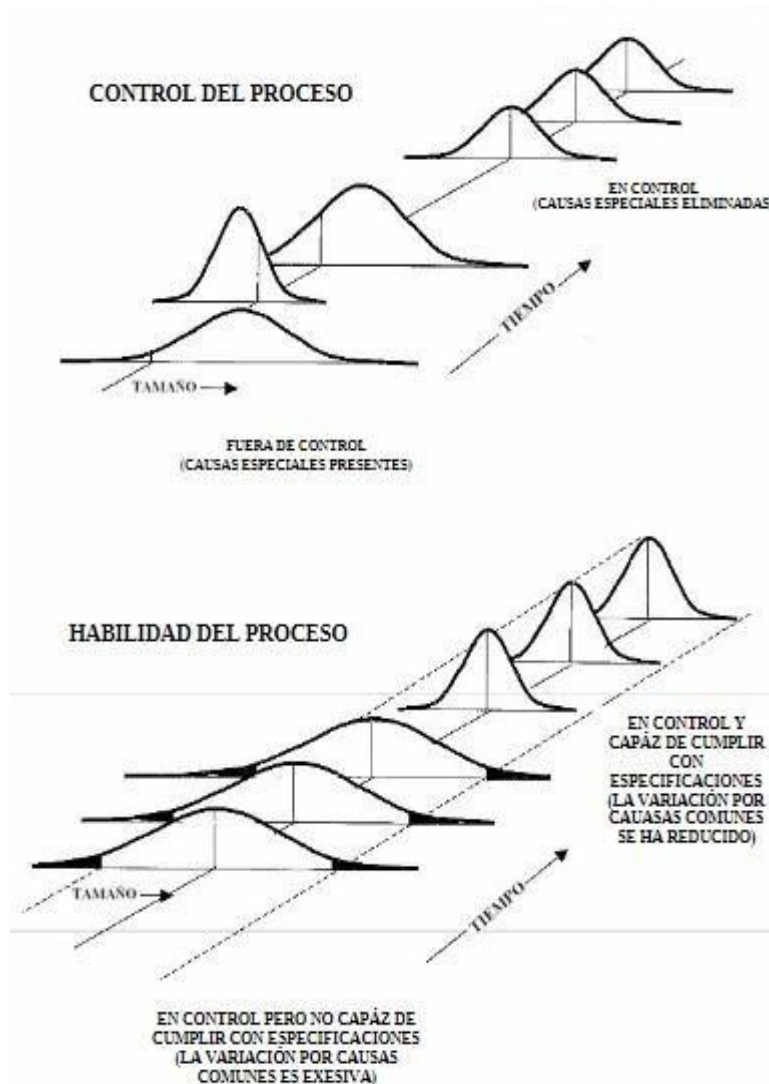


Ilustración 9. Control y habilidad de los procesos.

Muestreo

El proceso de selección de los elementos que compondrán una muestra.

- **Muestreo aleatorio:** Elección aleatoria de los individuos de la muestra.
Todos tienen la misma probabilidad de ser elegidos (equiprobabilidad)
- **Muestreo no aleatorio:** Los individuos se eligen de forma no aleatoria.³

³ C.T. Carroll, Six Sigma for powerful improvement: a green belt DMAIC training system with software tools and a 25-lesson course, Boca Ratón Florida EE. UU.: CharlesTCarroll,2013.

Medidas estadísticas

Variables

- **Discretas:** Reciben valores aislados.
- **Continuas:** Pueden recibir cualquier valor de un intervalo.

Atributos

- **Nominales:** No existe un orden entre las modalidades
- **Ordinales:** Existe un orden entre las modalidades

Medidas muestrales

- **Tendencia central:** Miden el valor en torno al cual los datos o mediciones de una variable tienden a aglomerarse o concentrarse
- **Dispersión:** Miden la heterogeneidad de los datos.
- **Forma:** Miden aspectos de la forma que tiene la distribución de los datos.

Localización: Miden la localización o posición de los datos con respecto a referencias. [3]

Medidas de tendencia central

Una medida de tendencia central es un valor único que representa el punto central de un conjunto de datos. Este valor también puede denominarse “la ubicación central” de un conjunto de datos.

- **Media:** La media aritmética muestral de una variable X es la suma de los valores observados en la muestra dividida por el tamaño muestral. En la mayoría de los casos, la media aritmética es la medida que mejor representa a la muestra. No puede calcularse para atributos

- **Mediana:** La mediana muestral de una variable X es el valor de la variable que, una vez ordenados los valores de la muestra de menor a mayor, deja el mismo número de valores por debajo y por encima de él. El cálculo de la mediana se realiza de forma distinta según se hayan agrupado los datos o no. No puede calcularse para atributos nominales.
- **Moda:** La moda muestral de una variable X es el valor de la variable más frecuente en la muestra. Con datos agrupados se toma como clase modal la clase con mayor frecuencia en la muestra. En ocasiones puede haber más de una moda.

Desviación Estándar

Medida de la variabilidad que indica, que tan esparcidos están los datos con respecto a la media. Mientras mayor sea la desviación estándar, mayor será la dispersión de los datos.

Graficas de control

El objetivo principal de los gráficos de control es monitorear el comportamiento de una característica o variable crítica del proceso para reducir su variación. No se requiere un gráfico de control para cada variable del proceso, en general se acostumbra a utilizarlo solo para aquellas variables críticas y que son determinantes de características de calidad final del proceso.

Las gráficas de control están conformadas por:

- Una escala vertical (Eje Y) donde se representan los valores de la característica a ser evaluada.

- Una escala horizontal (Eje X) que indica el comportamiento en el tiempo del proceso.
- Una escala central que generalmente indica el promedio histórico de la característica de calidad evaluada.
- Los límites de control superior e inferior que estarán equidistantes a la línea central o el valor promedio respectivamente.
- Los puntos interiores corresponden cronológicamente en valor de la variable bajo control, de muestras tomadas del proceso, según la frecuencia de muestreo fijada.

En algunas bibliografías como “control estadístico de procesos” (Statistical Process Control) se manejan tres tipos de graficas de control que son:

- Grafica de promedios y rangos (X-R)
- Grafica de medianas y rangos (X-R)
- Grafica de promedios y desviaciones estándar (X-S)

En otras bibliografías como “Manual Control Estadístico de los Procesos (SPC)” se agrega otro tipo de grafica como:

- Grafica de mediciones individuales y rangos móviles.

Este tipo de grafica es desarrollado por mediciones de una característica particular de la salida del proceso. Esta grafica es una de las herramientas más poderosas y sensibles del SPC.

Grafica de promedios y rangos

Una gráfica de promedios y rangos representa una característica del producto. Los datos son reportados en pequeños subgrupos, usualmente incluyen de 2 a 5 piezas consecutivas con subgrupos tomados periódicamente.

Los gráficos de media y rango, también conocidos como gráficos X-R, se utilizan para el seguimiento estadístico del control de calidad de piezas en diversos sectores, incluyendo la industria automotriz. Estos gráficos permiten detectar la variabilidad, consistencia, control y mejora de un proceso productivo. El grafico de control X-R se divide en dos partes: El grafico X para controlar la media del proceso y el grafico R para monitorear el rango.

Para que la gráfica de control sea efectiva:

- Cada ítem debe ser medido adecuadamente para la característica que está siendo observada.
- Los subgrupos deben ser elegidos de manera que las variaciones a lo largo de las unidades representen la variabilidad que no puede ser controlada en las corridas. ⁴

Límites de control

Una línea (o líneas) en un gráfico de control que se utiliza como base para juzgar la estabilidad de un proceso. La variación más allá de un límite de control es evidencia de que causas especiales están afectando el proceso. Los límites de

⁴ Vinasco I. L.E. (2012). *Control Estadístico De Procesos- (Statistical Process Control)*. Recuperado de https://www.cicalidad.com/articulos/Control_Estadistico_de_Procesos%20-%20SPC.pdf

control se calculan a partir de los datos del proceso y no deben confundirse con las especificaciones de ingeniería.

Fórmulas para graficas de control.

Las fórmulas usadas para calcular los diferentes elementos que son clave en el cálculo de los límites y gráficos de control son las siguientes:

Grafica de promedios y rangos.

Promedio de cada subgrupo:

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}; \quad n = \text{Numero de muestras de cada subgrupo}$$

Rango de cada subgrupo:

$$R = X_{Max} - X_{Min} \quad (\text{Dentro de cada subgrupo})$$

Gran promedio:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_k}{k}; \quad k = \text{Numero de subgrupos usados para}$$

determinar el Gran promedio y el Promedio de los rangos

$$\text{Promedio de los rangos: } \bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_k}{k};$$

Características de las gráficas:

Línea Central

Limites de Control

$$CL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}}$$

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

$$CL_R = \bar{R}$$

$$UCL_R = D_4 \bar{R}$$

$$LCL_R = D_3 \bar{R}$$

Ilustración 10. Fórmulas para límites de control de grafica X-Bar R.

¿Qué tipo de grafica usar?

Para poder decidir que método de análisis o grafica de control es la necesaria, se debe tener en cuenta el tipo de datos que se están analizando, así como su comportamiento dentro del muestreo necesario para recolectar datos.

Como ayuda para tomar la decisión se encuentran disponibles diferentes diagramas como el mostrado en la figura 11 para elegir qué tipo de grafico usar.

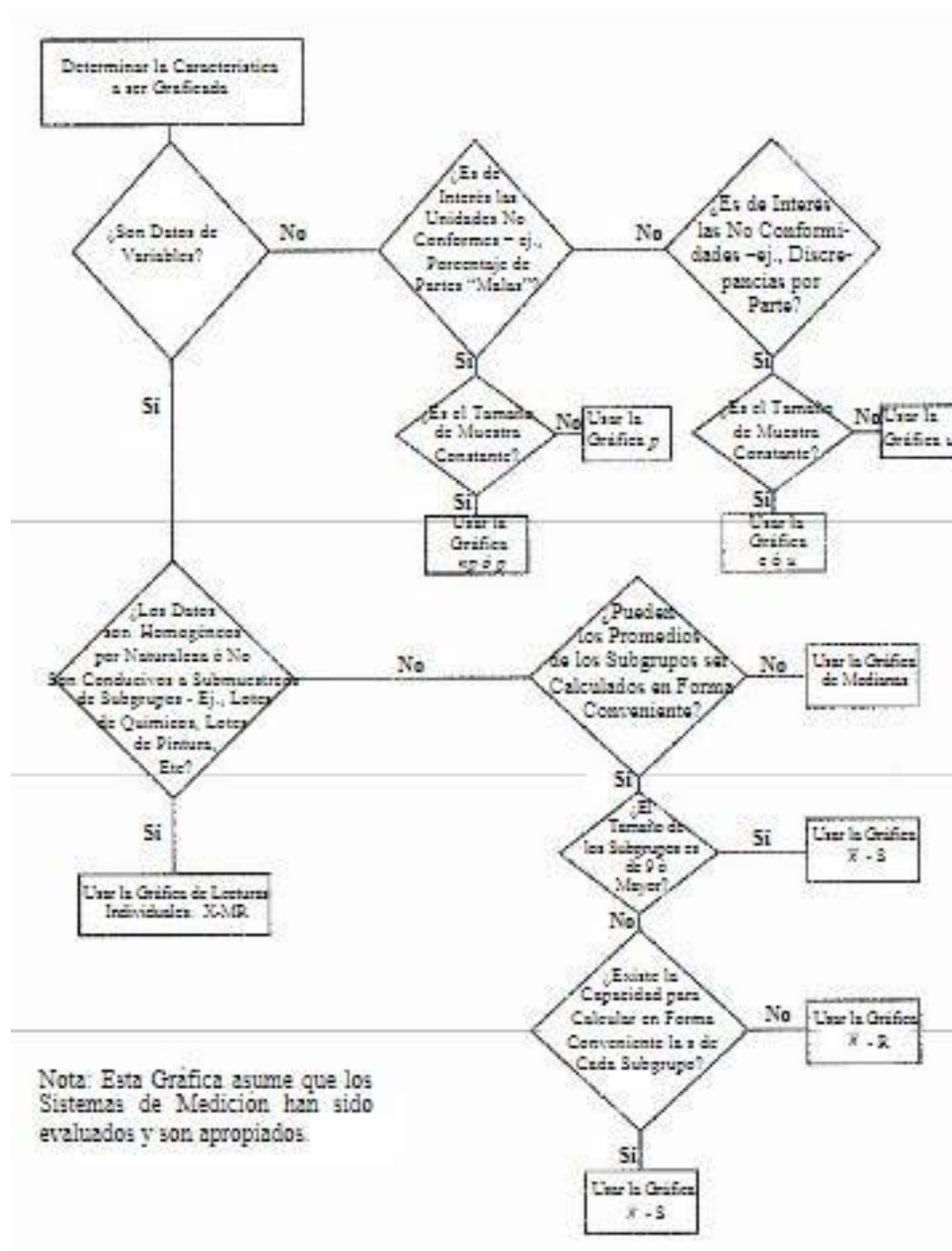


Ilustración 11. Diagrama de selección para el uso de graficas de control.

Choose a Control Chart

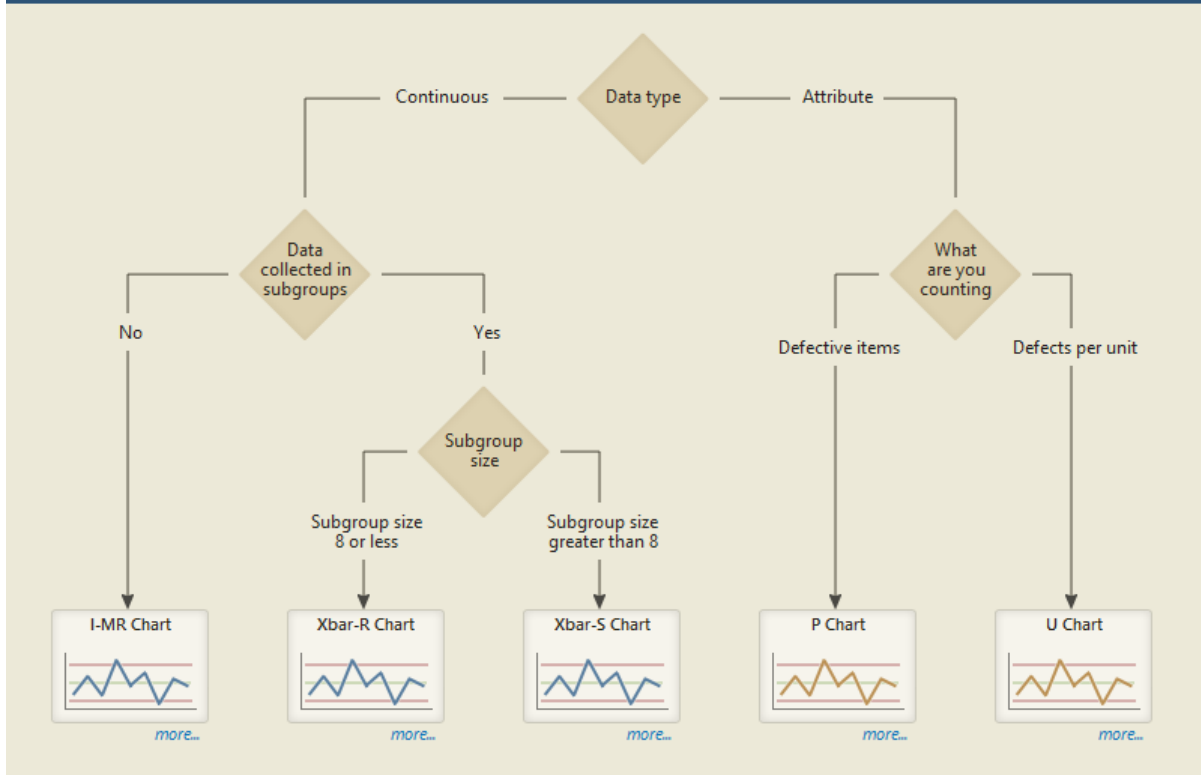


Ilustración 12. Otros métodos de elección de gráfico de control

Definición de señales “fuera de control”

La presencia de uno o más puntos fuera de cualquier límite de control es una evidencia primaria de variación por causas especiales en dicho punto. Estas causas especiales pudieron haber ocurrido previo a dicho punto.

Por tanto, cualquier punto fuera de un límite de control es generalmente una señal de uno o más de los siguientes aspectos:

- El límite de control o punto graficado ha sido calculado o graficado erróneamente.
- La variabilidad pieza-a-pieza o la dispersión de la distribución se ha incrementado (ej., empeorado), ya sea en ese punto o como parte de una tendencia.

- El sistema de medición ha cambiado (ej., un diferente evaluador o instrumento).
- El sistema de medición necesita de una discriminación apropiada.

Existen varios criterios para identificar causas especiales (Tabla 1). La decisión de que criterios usar, depende del proceso a ser estudiado o controlado. ⁵

Criterios típicos para causas especiales	
1	Un punto más allá de 3 desviaciones estándar de la línea central.
2	7 puntos consecutivos en el mismo lado de la línea central.
3	6 puntos consecutivos, todos crecientes o decrecientes.
4	14 puntos consecutivos, alternando arriba y abajo.
5	2 de 3 puntos >2 desviaciones estándar de la línea central.
6	4 de 5 puntos > 1 desviación estándar de la línea central.
7	15 puntos consecutivos dentro de 1 desviación estándar de la línea central.
8	8 puntos consecutivos >1 desviación estándar de la línea central.

Tabla 1. Criterios para definir causas especiales en graficas de control.

⁵ Daimler Chrysler Corporation, Ford Motor Company and General Motors Corporation. (2005). *Control Estadístico de Procesos (SPC)*. Estados Unidos: AIAG

PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.

DEFINICIÓN

METODOLOGÍA DMAIC.

DMAIC es un acrónimo de cinco fases interconectadas. Definir los objetivos del proyecto y medir el proceso, analizar y determinar la causa y el futuro proceso de control de rendimiento. Cada paso en la metodología se enfoca en obtener los mejores resultados posibles para minimizar la posibilidad de error.

- Definir los objetivos del proyecto y los resultados para ambos clientes internos y externos.
- Medir el proceso para determinar los resultados actuales.
- Analizar y determinar la causa(s) de los defectos.
- Mejorar el proceso de eliminación de defectos.
- Control del rendimiento futuro proceso.



Ilustración 13. Metodología DMAIC

Primera fase: Definir

La metodología DMAIC es una herramienta muy potente que garantiza que los proyectos sean abordados con rigor y que estos alcancen los resultados proyectados. En la primera etapa del DMAIC, "Definir", se define claramente en qué consiste el proyecto buscando la satisfacción del cliente, se comprende y define el proceso actual, con el fin de enfocar adecuadamente el proyecto e identificar oportunidades rápidas de mejora y establecer los objetivos de mejora de acuerdo con las necesidades y buscando la satisfacción del cliente.

Segunda fase: Medir

En la etapa de Medición, se realiza la toma de datos para ser capaces de cuantificar el problema y tener una idea precisa de cuál es el punto de partida los objetivos que el equipo de mejora debe cumplir. **Tercera**

fase: Analizar

Esta fase es muy importante de la metodología DMAIC. Las herramientas utilizadas y el orden en que se apliquen dependerán del problema del proceso y la manera en que será abordado para analizar los datos e información obtenidos en la fase anterior y convertir estos a información realmente útil con el fin de encontrar las causas raíz de los problemas, verificando las relaciones causas y efectos.

•Fase cuatro: Mejorar

La mejora de la fase se trata de eliminar la causa fundamental del problema. Se identifican las características del proceso que se puedan mejorar una vez realizado esto, las características son diagnosticadas para conocer si las mejoras en el proceso son relevantes.

•Fase cinco: Controlar

El objetivo del control es que los procesos sean estables y capaces. Un proceso estable significa que el comportamiento de las variables definidas como claves se mantenga constante en el tiempo y por lo tanto dicho comportamiento sea fácilmente predecible.⁶

⁶ *Lean 6 Sigma Toolkit.* (s/f). Domont Consulting. Recuperado de https://www.domontconsulting.com/products/lean-6-sigmatoolkit?variant=40365123207250&msclkid=b1794cd088261c9131f22babbc1029b&utm_source=bing&utm_medium=cpc&utm_campaign=2.%20Top%20Profitable%20KW&utm_term=DMAIC%20process&utm_content=Lean%206%20Sigma%20Toolkit

PROCEDIMIENTO

Definir (Define)

PASO 1. DEFINIR PARÁMETROS CRÍTICOS DEL PROCESO

Los proyectos a los que se les aplicara control estadístico del proceso son a los descansabrazos de la camioneta Taos. Para el cliente final Volkswagen. Se tomó la decisión de implementar Control Estadístico del Proceso, ya que es un proyecto que tienen valor agregado dentro de la empresa, por ende, la duración del proyecto es más prolongado a diferencia de los otros proyectos y el área en la que nos enfocaremos será ensamble, ya que el área es de mayor alcance y disposición para la aplicación del proyecto.



Ilustración 14. Camioneta Taos Vorne

Volkswagen

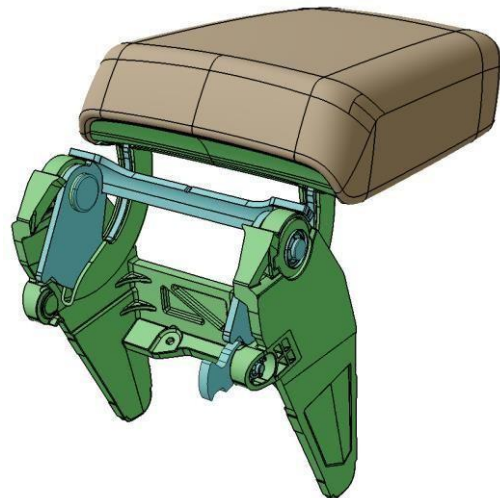


Ilustración 15. Reposabrazos

camioneta Taos



Ilustración 16. Interior de la camioneta ensamblada.

Para definir los parámetros críticos del proceso es necesario conocer cuáles son los requerimientos especiales del cliente, para ello nos basamos en la matriz de características especiales (MOD00265-CLM Matriz de Características críticas y especiales VW316 TAOS) como se muestra en la figura 17. Además de que se tomó en cuenta el diagrama de flujo. Donde se encuentran las características críticas y especiales que debe cumplir para ser aprobado por el cliente.

Ilustración 17. Matriz de características críticas y especiales VW316 TAOS



VOLKSWAGEN
DE MEXICO

Página: 01
 Nivel técnico: _____
 Fecha de último cambio: _____

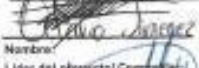
Acuerdos de Calidad Proyecto VW 316 TAREK

Número de Parte: 20J864207
 Nombre/Descripción: DESCANSABRAZOS DELANTERO
 Nivel de revisión (TZ/TM): ---
 Nombre del proveedor: CLERPREM MEXICO

Pieza de Seguridad (D): ☒ Si ☐ No
 No. DUNS: 81 280 1373

Aquí se enlistan las metas de calidad para este número de parte crítico con el objetivo de alcanzar un excelente nivel de calidad en las fases de producción de pre-serie y serie. Cada una de estas metas ha sido definida por los que firman al calce como un compromiso acorde con la experiencia técnica en la línea de producción y las lecciones aprendidas de los proyectos previos.

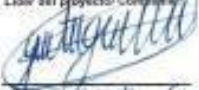
Pos.	Requerimiento	META	COMPROMISO	FRECUENCIA								
1	PPM	< 67	67	Anual, con una revisión mensual								
2	Avisos de falla	< 4 (No repetitivas) Cero (0) fallas tipo A	4	Anual								
3	Realizar la auditoría de producto en capas cruzado con el compromiso de la alta dirección	Nivel de calidad > 90%	90	1 vez/ semana ó 1 vez por lote								
4	Acciones Internas	Cero (0)	0	Mensual								
5	Retrabajos	Cero (0)	0	Mensual								
6	Nota de auditoría auto terminado o carrocería	Cero puntos	<table border="1" style="font-size: x-small;"> <tr> <td>YFF</td> <td>PVS</td> <td>SD</td> <td>SOP</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>60</td> <td>20</td> <td>10</td> </tr> </table>	YFF	PVS	SD	SOP	100	60	20	10	Semanal
YFF	PVS	SD	SOP									
100	60	20	10									
7	Reporte dimensional de según Messpunkt liberado por Metrología VW	Programa Corto Programa Completo	1 por preserie	1 vez/ semana ó x lote Semanal								
8	SPC para los puertos del Medio de control	CP > 1.33, CPK > 1.33	1.33 Cp y Cpk	Mensual y Lib. de lote								
9	Capacitación en el conocimiento del producto para Ing. Residentes Insp. de Calidad.	Zonas de función, ensamble en el auto	OK	Inducción y actualización en función de cambios técnicos y personal								
10	Ing. Residente, Ing. de calidad o Ing. de proyecto en VW para atender reclamos de línea y control de material	Mínimo 1 persona, dependiendo del producto	1 persona disponible 24/7	PVS, SD y 6 meses a partir de la SOP								
11	Según VDA 6.3, rehomedar CPM internamente	Mantener el nivel del CPM liberado (N3 ó N1)	OK	Anual								
12	Según VDA 6.3, realizar pruebas de Documentación Obligatoria y conservar 15 años la documentación	Conservar la acreditación (COC, SAE, EOS, INMETRO)	OK	De acuerdo a legislación y TLD								
13	Alcanzar Nota de Liberación incluyendo toda la documentación en alemán.	Nota 1	Acorde a Plan de Plazos CW 12/20	Durante la PVS, SD ó SOP + 3 meses								
14	Posterior a la SOP presentar CPM en alemán y muestras, en caso de cambios de material, nuevos herramientas, cambios de parámetros de proceso, cambio Lay Out, Nuevos medios de ensamble, componentes.	Con el tiempo suficiente para liberar piezas	OK	Las veces como se cambie el producto								
15	Auditoría de embarques durante la PVS, SD y 3 meses después de SOP con actualización de TGS y Q-Nachweise	Índice calidad > 95 % Documentos actualizados	>95%	Cada embarque								
16	En caso de incumplimiento de los puntos: 1,2,3,4,5	Aplicar auditoría de embarques por tercera parte	Instalar Muro de Calidad interno en Clerprem México	Hasta estar dentro de meta								

Nombre: 
 Líder del Proyecto/Compañía:

Nombre: 
 Director de Calidad / Compañía:

Nombre: _____
 BTV / VW:

Nombre: 
 Coord. Producción:

Nombre: 
 Gerente de Planta/Compañía:

Nombre: _____
 / Compañía:

Nombre: _____
 Calidad Serie

Nombre: _____
 Gerente de Producción:

Ilustración 18. Acuerdo de calidad VW.

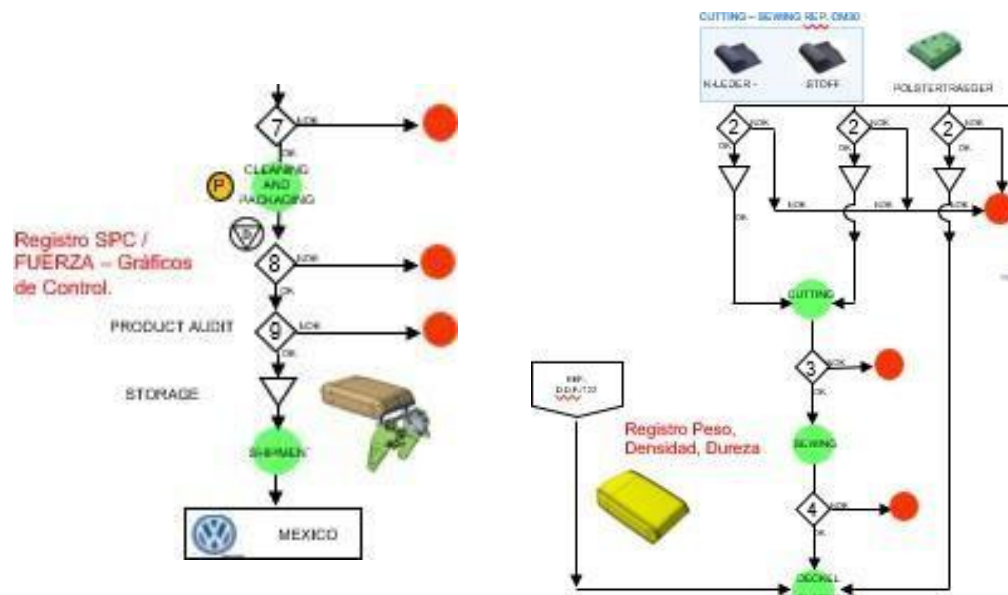


Ilustración 19. Flow Chart Taos Clerprem México.

Propuesta

CARACTERISTICA ESPUMA	C/C	Control actual	Control Propuesto
DENSIDAD	C	Registro	Grafico X – R/ Cp & Cpk
PESO	C	Registro	Grafico X – R/ Cp & Cpk
DUREZA	C	Registro	Grafico X – R/ Cp & Cpk

CARACTERISTICA PIEZA TERMINADA	C/C	Control Actual	Control propuesto
Fuerza de apertura y cierre	+	Registro	Grafico X – R/ Cp. & Cpk
Control SPC	+	Gráfico X- R	Gráfico X-R/ Cp & Cpk

PASO 2. RECOPILAR INFORMACIÓN DE REGISTRO DE LOS PARÁMETROS

Se revisarán planes de control y diagramas de flujo del proyecto, para poder verificar que la secuencia, las pruebas y que el proceso se cumpla de acuerdo con los lineamientos y documentos de control.

Las características por medir para las piezas espumadas:

- Densidad
- Peso
- Dureza

Y para piezas terminadas:

- Fuerza de apertura y cierre
- Inspección dimensional (Control de spc).

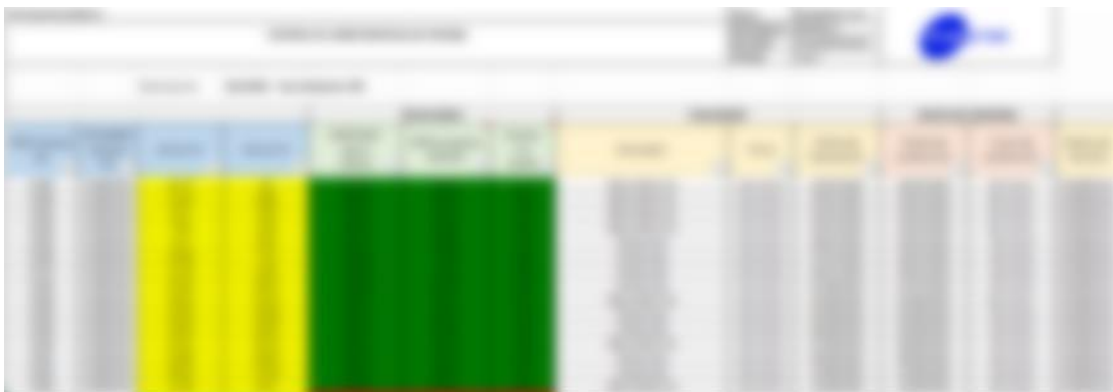


Ilustración 20. Control de características críticas de Espuma Taos Rev. 11 05.03.2024

El control de características de espuma es un formato que nos permitió conocer el comportamiento de dicho proceso, ya que dentro de dicho formato se registran los valores medidos de Dureza, Peso y Densidad que son de ayuda para el estudio de capacidad y habilidad.

Para poder definir las características que se iban a tomar en cuenta para realizar el estudio de capacidad y habilidad fue necesario revisar el diagrama de flujo del proceso, la matriz de características críticas y especiales y el control de estas en el área de espuma. **MAPEO DEL PROCESO**

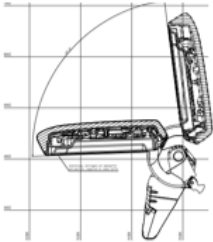
RIESGOS DEL PROCESO POR EMPRESA, SISTEMA, PRODUCTO, INTERFACES.		
RECURSOS HUMANOS	RIESGOS	RECURSOS MATERIALES
OPERADOR LIBERADORAS LIDER DE PRODUCCION SUPERVISOR TECNICO DE CALIDAD INGENIERO DE CALIDAD AREAS DE SOPORTE (LOGISTICA, INGENIERIA, CALIDAD, COMPRAS)	PAROS DE LINEA NO PROGRAMADOS MATERIALES Y CONSUMIBLES FUERA DE ESPECIFICACION PORCENTAJE DE SCRAP FALTA DEL PERSONAL DISPONIBILIDAD DEL PERSONAL RENDIMIENTO DE LOS RECURSOS HUMANOS RESISTENCIA AL CAMBIO FALTA DE SEGUIMIENTO	MATERIAS PRIMAS PRODUCTOS TERMINADOS COMPONENTES MAQUINARIA CONSUMIBLES SISTEMAS DE INFORMACION (HARDWARE/SOFTWARE) EQUIPOS DE MEDICION DISPOSITIVOS DE CONTROL
ENTRADAS		SALIDAS
RECEPCION DE MATERIALES CONSUMIBLES DISEÑO PLAN DE CONTROL NORMATIVAS ACUERDOS CON EL CLIENTE MATRIZ DE CARACTERISTICAS CRITICAS Y ESPECIALES REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE		PRODUCTO TERMINADO PIEZAS OK NUMERO DE CONTENEDORES GRAFICOS DE CONTROL
INDICADORES DE PROCESO, EFICACIA	Oportunidades	DOCUMENTACION, REGISTRO
FTQ OEE NIVEL DE SCRAP SPC'S	PROCEDIMIENTO PARA LA IMPLEMENTACION DE SPC DOCUMENTACION NO ACTUALIZADA CAPACITACION AL PERSONAL USO DE HERRAMIENTAS ESTADISTICAS	INSTRUCCIONES DE TRABAJO AYUDAS VISUALES RUTA DE INSPECCION ALERTAS DE CALIDAD LIBERACION DE PRIMERAS PIEZAS

Ilustración 21. Mapeo del proceso del proyecto Taos Clerprem México

PASO 3. DEFINIR EL SISTEMA DE MEDICIÓN O PLAN DE MUESTREO

El plan de muestreo fue diseñado para recabar datos de la línea de producción. Se tomaron datos de los registros y liberación de primeras piezas que los técnicos de calidad registran. Es necesario conocer el estado actual del proceso, para conocer las variaciones que presenta por causas normales o especiales.

Para realizar las pruebas de capacidad y habilidad se tomaron los datos del MOD00010-CLM Control De Características De Espuma rev.11 05.03.2024

Se usarán 125 valores, 25 subgrupos y 5 grupos para el tamaño de la muestra desde la fecha 25/01/2024 al 21/08/2024 para el cálculo de Cp y Cpk. Con la finalidad de conocer las condiciones actuales del proceso.

PASO 4. REALIZAR RECOLECCIÓN DE DATOS DEL PROCESO

Las mediciones se realizan a través del fix checking para medir la fuerza de cierre y apertura. Además de que se medirán los spc para el control dimensional de las piezas.

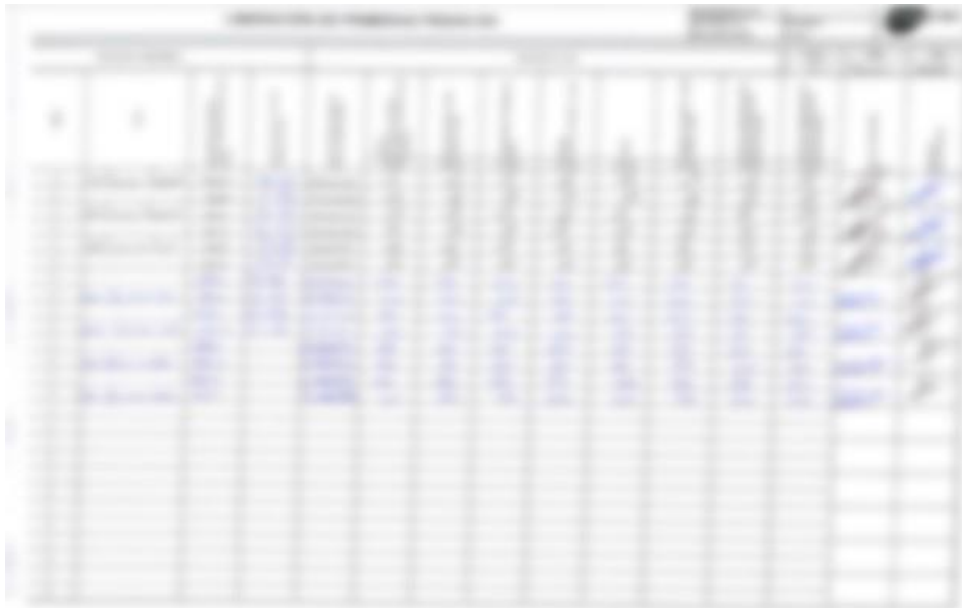


Ilustración 22. Formato de liberación de primeras piezas.

Los datos se digitalizaron y se almacenaron en una hoja de Excel para que resultara sencillo exportarlos a una hoja de trabajo en el software Minitab®, en este programa se estarán realizando las pruebas de capacidad y habilidad que permitirán visualizar el comportamiento del proceso. Para realizar la primera prueba se tomaron los datos de la característica “Dureza”.

No. Muestra	Fecha	Turno	Fuerza de Apertura y cierre	Dureza	Peso	Densidad	Evaluador
1	25/01/2024	2	10.3	3.05	147.6	138.64	
2	26/01/2024	2	11.5	2.7	150.43	142.1	
3	27/01/2024	2	12.37	3.1	150.4	138.7	
4	28/01/2024	2	12.51	3.06	147.28	140.14	
5	29/01/2024	2	10.22	2.81	149.24	138.7	
6	30/01/2024	2	12.15	3.03	148.83	140.14	
7	31/01/2024	1	14.48	2.76	150.08	139.01	
8	01/02/2024	2	13.12	2.77	149.78	139.85	
9	02/02/2024	1	13.59	3.22	149.1	138.7	
10	03/02/2024	1	12.85	3.21	148.1	138.7	
11	04/02/2024	1	11.5	3	149.1	138.42	
12	05/02/2024	2	10.6	3.01	147.69	138.7	
13	06/02/2024	2	12.67	2.88	150.94	139.06	
14	07/02/2024	1	12.22	2.81	147.91	140.25	
15	08/02/2024	1	13.1	2.72	147.03	138.52	
16	09/02/2024	1	11.5	2.79	148.1	138.59	
17	10/02/2024	1	14.85	3.12	149.43	140.56	
18	11/02/2024	1	13.32	2.78	149.32	139.85	
19	12/02/2024	1	12.5	3.06	147.38	138.66	
20	13/02/2024	2	14.1	3.22	149.67	139.25	

Ilustración 23. Formato propio desarrollado para registro de datos

Se tomaron en cuenta 125 datos para poder conocer el estado actual del proceso. Posteriormente cuando se tienen todos los datos necesarios para realizar el registro de los parámetros del proceso, se realizó el llenado de los formatos como se muestra en la figura 23. Una vez que se digitalizaron se exportaron para realizar el análisis estadístico necesario en el software Minitab ®. Los datos exportados se pueden observar en la tabla 2.

Muestras Espuma Dureza 2.7 A 3.3 mm							
Subgrupo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	R	$\bar{x}$
1	3.05	2.71	2.79	2.76	2.73	0.34	2.808
2	2.7	3.07	2.84	3.07	3.22	0.52	2.98
3	3.1	2.83	2.96	3.22	2.98	0.39	3.018
4	3.06	2.85	3.15	2.89	2.94	0.3	2.978
5	2.81	2.97	2.73	3.11	2.78	0.38	2.88
6	3.03	2.77	2.95	3.08	3.17	0.4	3

7	2.76	2.8	2.97	3.1	2.75	0.35	2.876
8	2.77	2.98	2.98	3.0	2.93	0.23	2.932
9	3.22	3.05	3.04	2.89	2.75	0.47	2.99
10	3.21	3.13	2.94	2.9	3.03	0.31	3.042
11	3.0	2.7	2.73	3.08	2.77	0.38	2.856
12	3.01	2.78	3.22	3.15	3.05	0.44	3.042
13	2.88	3.22	2.79	3.19	2.7	0.52	2.956
14	2.81	2.84	2.85	2.94	3.1	0.29	2.908
15	2.72	2.75	2.84	2.87	2.77	0.15	2.79
16	2.79	2.87	2.82	3.12	3.06	0.33	2.932
17	3.12	2.79	2.79	2.75	2.99	0.37	2.888
18	2.78	3.06	3.02	2.78	2.95	0.28	2.918
19	3.06	3.0	3.08	2.94	3.01	0.14	3.018
20	3.22	2.7	3.3	2.71	3.18	0.60	3.022
21	2.87	2.86	3.22	2.84	2.76	0.46	2.91
22	3.12	3.11	3.24	2.79	2.78	0.46	3.008
23	2.75	3.12	3.05	2.7	2.83	0.42	2.89
24	2.78	3.01	2.82	3.06	3.13	0.35	2.96
25	2.94	2.97	2.8	2.75	2.95	0.22	2.882

Tabla 2. Datos recolectados del proceso de espumado, característica "Dureza".

Worksheet 1 ***																	
#	C1	C2-D	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17
	No. Muestra	Fecha	Turno	Fuerza de Apertura y cierre	Dureza	Peso	Densidad	Evaluador									
1	1	12/01/2024	2	11.82	3.05	80.33	138.64										
2	2	13/01/2024	1	12.56	2.70	82.33	142.10										
3	3	14/01/2024	2	12.72	3.10	80.36	138.70										
4	4	15/01/2024	2	13.97	3.06	81.20	140.14										
5	5	16/01/2024	2	14.22	2.81	80.36	138.70										
6	6	17/01/2024	2	14.29	3.03	81.20	140.14										
7	7	18/01/2024	1	13.58	2.76	80.54	139.01										
8	8	19/01/2024	2	12.17	2.77	81.03	139.85										
9	9	20/01/2024	1	11.27	3.22	80.36	138.70										
10	10	21/01/2024	1	14.80	3.21	80.36	138.70										
11	11	22/01/2024	2	14.11	3.00	80.20	138.42										
12	12	23/01/2024	1	12.95	3.01	80.36	138.70										
13	13	24/01/2024	2	10.67	2.88	80.57	139.06										
14	14	25/01/2024	2	13.62	2.81	81.26	140.25										
15	15	15/02/2024	1	14.96	2.72	80.26	138.52										
16	16	16/02/2024	1	13.76	2.79	80.30	138.59										
17	17	17/02/2024	1	13.89	3.12	81.44	140.56										
18	18	18/02/2024	1	13.20	2.78	81.03	139.85										

Current Worksheet: Worksheet 1

Ilustración 24. Hoja de trabajo Minitab ®

Paso 5. DEFINIR GRÁFICOS A UTILIZAR

Las gráficas que se utilizaran son Medias y Rangos, ya que son datos medibles y continuos que en su mayoría presentan una distribución normal. Este tipo de grafica permite visualizar si es que el proceso se encuentra dentro de los límites de control, proporciona la variación y el comportamiento del proceso. Además de que permite visualizar si es que el proceso está bajo control estadístico, es decir, si solo está siendo afectado por causas comunes y no especiales.

Se utilizo el análisis de capacidad Seis en uno normal para examinar los supuestos de un análisis de capacidad normal y evaluar solo los principales índices de capacidad del proceso. Usando este análisis, se puede:

- Determinar si el proceso es estable y está bajo control.
- Determinar si los datos siguen una distribución normal.
- Estimar la capacidad y la habilidad del proceso.

Para realizar el análisis, se especificó un límite inferior y superior para definir los requisitos de su proceso. El análisis evalúa la dispersión de los datos del proceso en relación con los límites de especificación. Este análisis también indica si el proceso está centrado y si se encuentra en el objetivo. Este análisis también estima la proporción de productos que no cumplen con las especificaciones.

Paso 6. ESTABLECER LOS LÍMITES DE CONTROL

En base a lo medido durante la gráfica de control se establecen los límites, cada uno de los limites calculados será considerado como un factor determinante para tomar acciones correctivas o estar a la perspectiva de posibles fallas del proceso

cuando el límite sea superado por alguna medición del proceso. Los límites de control pueden ser observados en los gráficos de control.

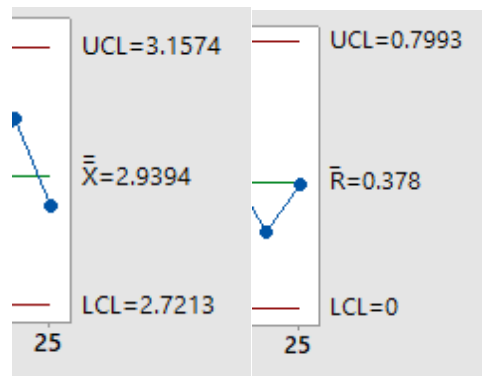


Ilustración 25. Límites de control

Analizar (Analyze)

Paso 7. REALIZAR GRÁFICOS DE CONTROL

Para poder realizar el análisis es necesario realizar las gráficas de control, dichas graficas fueron desarrolladas en el software Minitab ®, para cada una de las características se utilizaron gráficos de medias y rangos con el análisis Six Pack.

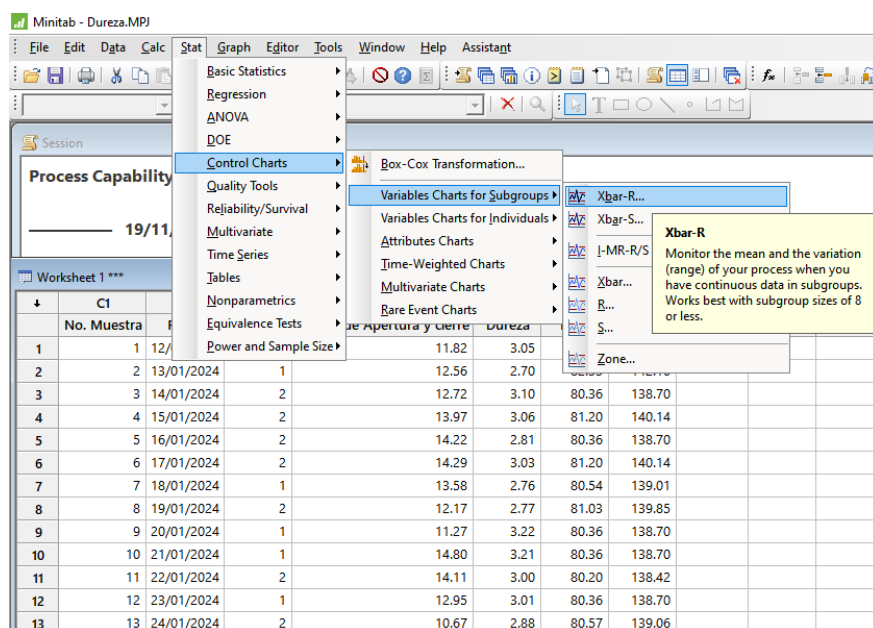


Ilustración 26. Interfaz Minitab ®

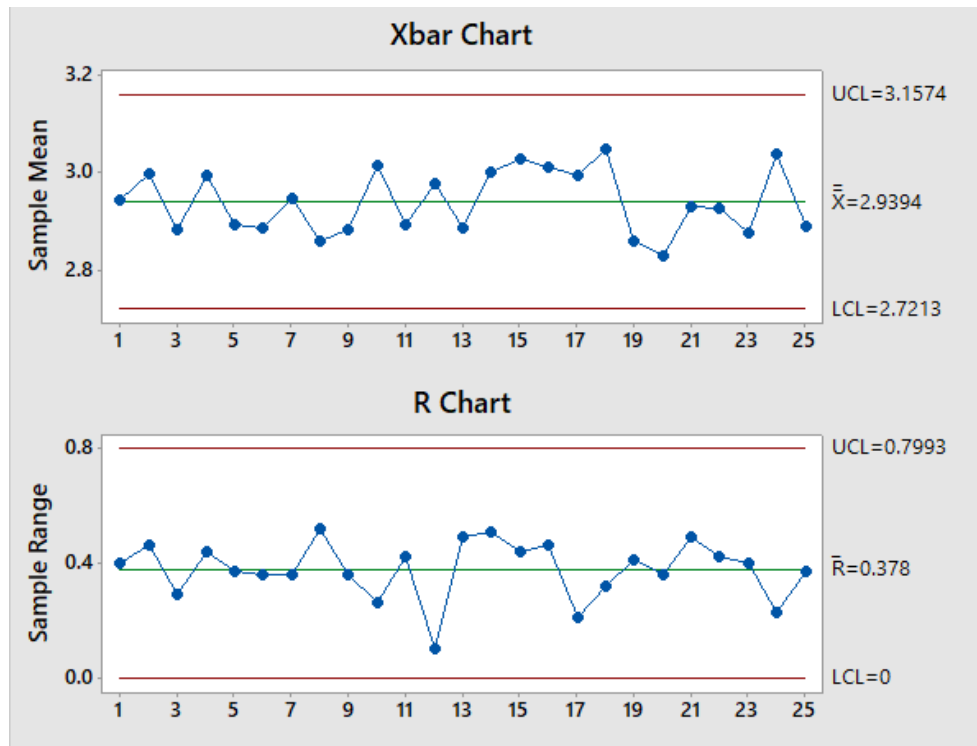


Ilustración 27. Grafica de control X Bar-R.

Para comenzar el análisis se realizó la gráfica X-Bar para la dureza. Con dicho análisis se pudo observar que Las pruebas siguen una distribución normal, además de que se encuentran dentro de los límites de control y no presentan ninguna tendencia en los puntos medidos, por lo tanto, son adecuadas para el cálculo de Cp y Cpk.

Paso 8. INTERPRETACIÓN DE LOS GRÁFICOS DE CONTROL

Después de haber realizado las gráficas de control y haber calculado los límites de especificación se determinó que la característica dureza se encuentra dentro de los límites de especificación y sigue una distribución normal, por lo tanto, los datos son confiables y se puede realizar el estudio de habilidad y capacidad.

Además de que se encuentra en control estadístico al no presentar variación por causas especiales, solo presenta variación por causas normales.

Paso 9. REALIZAR EL CÁLCULO DE HABILIDAD Y CAPACIDAD DEL PROCESO (CP-CPK)

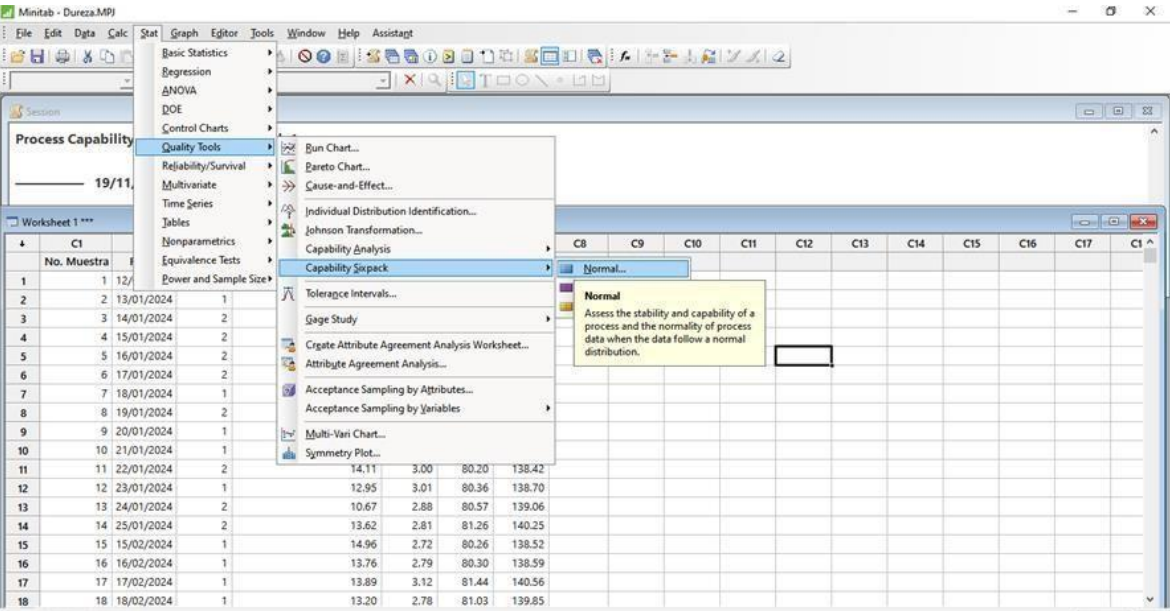


Ilustración 28. Interfaz Minitab ®

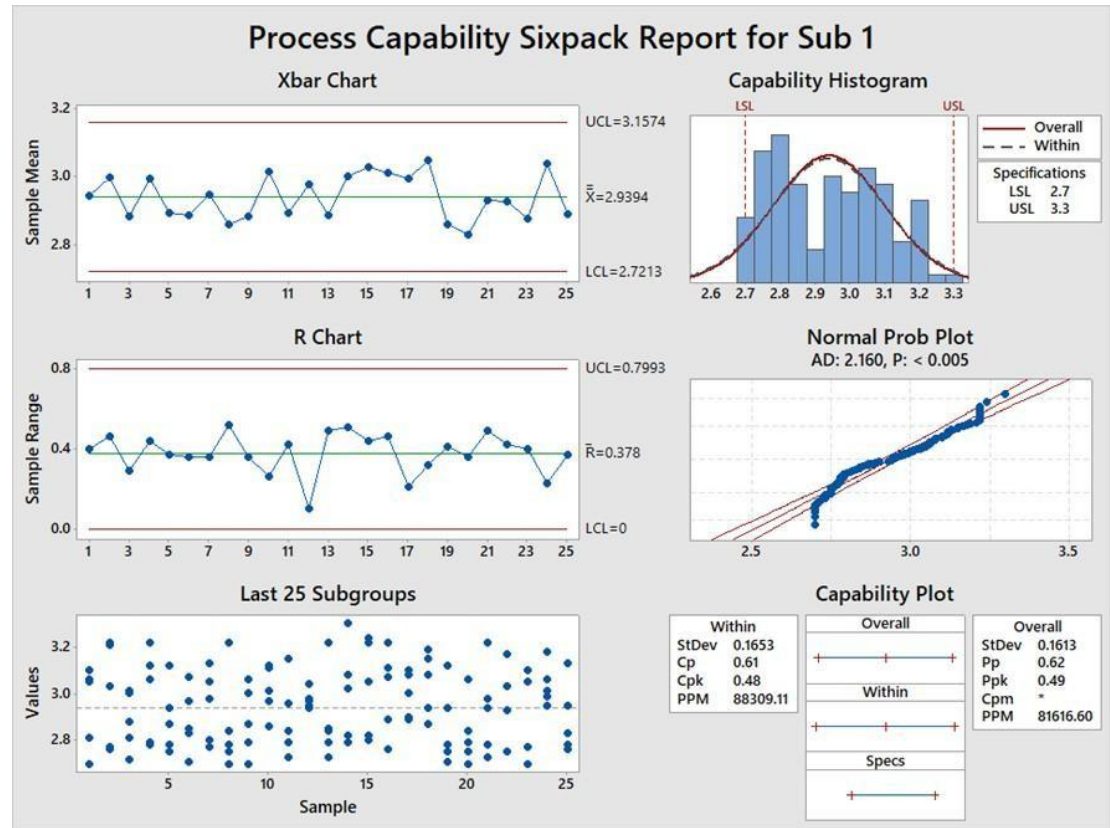


Ilustración 29. Estudio de capacidad Six Pack

La habilidad y capacidad del proceso representa la variación existente en el proceso y su relación con las especificaciones establecidas, para realizar el estudio de capacidad del proceso (Cp y Cpk) se hizo uso del software Minitab ® versión 2017, para cada una de las partes analizadas.

El software cuenta con herramientas estadísticas dentro de las cuales se muestra el estudio de capacidad mostrado en la figura 29. El cual nos proporciona como resultado las capacidades de acuerdo con las especificaciones y tolerancias mostradas en la matriz de características críticas y especiales.

El grafico de los últimos 25 subgrupos indica que los datos se distribuyen simétricamente alrededor de la media del proceso. Los Ppm del proceso se reflejan en un 88,309 con tendencia central.

Por lo tanto, se concluye que el proceso se encuentra dentro de los límites de especificación y solo muestra variación por causas comunes, pero aún no tiene la capacidad de cumplir con los requerimientos de calidad del cliente, ya que Cp representa el 0.61 y Cpk un 0.48, son valores muy bajos, y el rango en empresas manufactureras es 1.3 al arranque del proyecto y 1.67 en control, para cumplir con la calidad necesaria, por lo tanto, necesitan aplicarse acciones correctivas para poder lograr que el proceso cumpla con los requerimientos del cliente.

MUESTRAS DENSIDAD 135-155 kg/m³						
Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	R	$\bar{x}$
138.64	139.92	139.09	140.99	141.30	2.66	139.9 9
142.10	140.90	139.26	142.85	140.63	3.59	141.1 5
138.70	141.23	137.47	151.21	139.30	13.7 4	141.5 8

140.14	140.99	138.09	144.34	136.30	8.04	7	139.9
138.70	138.70	142.30	141.03	141.63	3.61	7	140.4
140.14	139.20	140.52	138.26	138.45	2.26	2	139.3
139.01	140.80	139.14	137.47	139.85	3.33	5	139.2
139.85	141.22	136.80	142.23	138.51	5.44	2	139.7
138.70	138.54	141.70	141.08	141.01	3.16	0	140.2
138.70	137.35	143.61	137.47	138.64	6.27	5	139.1
138.42	141.58	141.30	142.23	142.46	4.04	0	141.2
138.70	141.01	140.63	138.57	138.64	2.43	1	139.5
139.06	139.25	139.30	138.28	142.10	3.81	0	139.6
140.25	141.63	143.39	137.87	138.70	5.52	7	140.3
138.52	142.06	141.09	140.58	143.70	5.18	9	141.1
138.59	141.28	140.84	138.59	138.06	3.23	7	139.4
140.56	136.00	142.51	140.78	136.80	6.51	3	139.3
139.85	140.77	141.34	139.61	138.90	2.43	9	140.0
138.66	139.63	140.32	138.38	138.26	2.05	5	139.0
139.25	139.11	141.04	139.92	138.51	2.54	7	139.5
140.58	139.07	140.84	139.58	138.70	2.14	5	139.7
138.59	141.63	136.71	138.89	138.32	4.92	3	138.8
140.78	138.63	138.42	138.40	140.04	2.38	5	139.2
139.61	138.56	141.70	138.94	139.64	3.14	9	139.6
138.38	138.70	138.47	138.80	138.26	0.54	2	138.5

Tabla 3 . Datos recolectados del proceso de espumado, característica “Densidad”

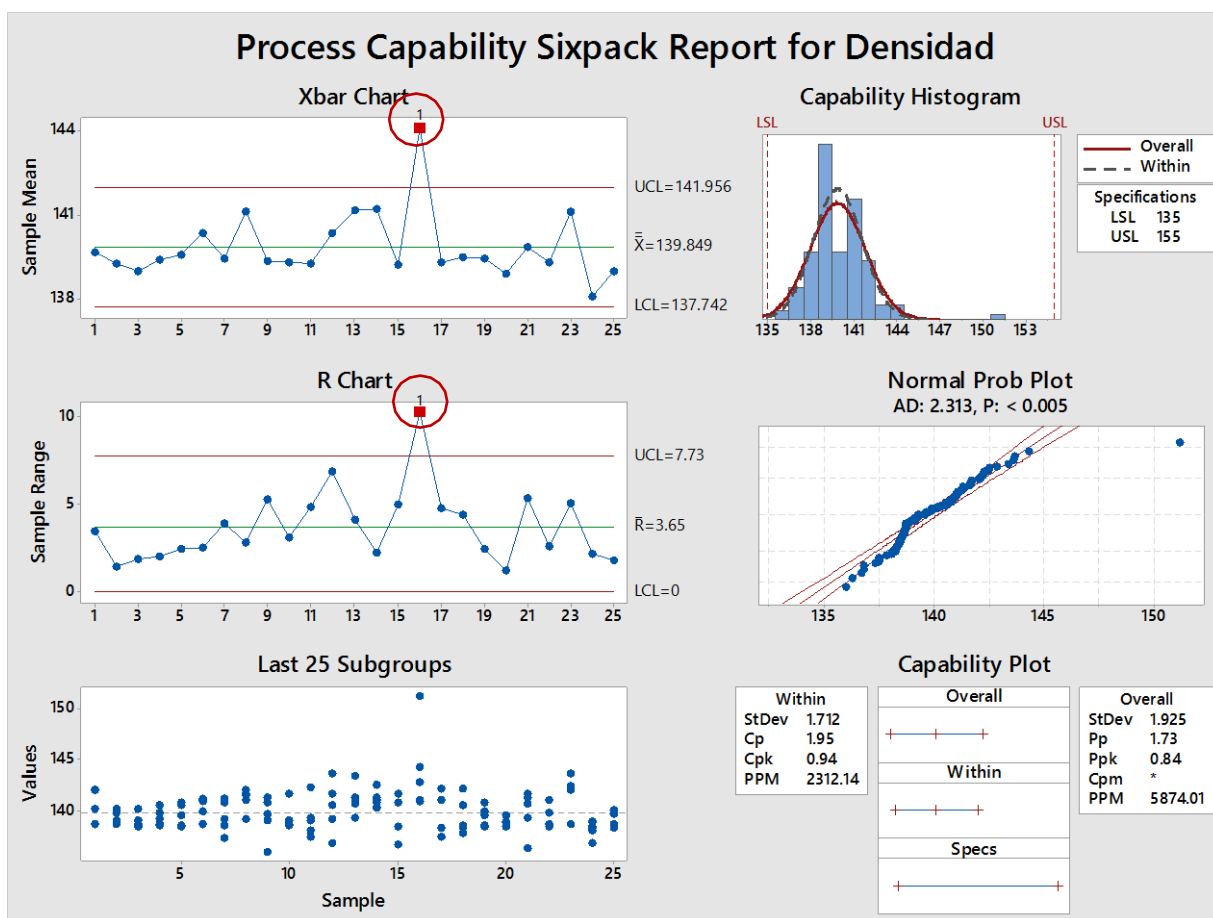


Ilustración 30. Grafica análisis de capacidad/Densidad.

El grafica muestra un punto fuera de los límites de control con tendencia al límite superior, por lo tanto, presenta variación especial en ese punto, por lo cual es necesario investigar cual es la causa, la capacidad del proceso refleja 1.95 que es adecuado para el trabajo, sin embargo, en Cpk refleja 0.95, por lo tanto, aun no tiene la habilidad para cumplir con la calidad requerida por el cliente.

FUERZA DE APERTURA Y CIERRE 10-15 N						
Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	MEDIA	RANGO
10.3	10.27	13.24	13	13.1	11.982	2.97
11.5	11.71	14.23	11.5	12.5	12.288	2.73
12.37	12.15	12.15	13	12.42	12.418	0.85
12.51	10.71	14.26	15	10.44	12.584	4.56
10.22	11.15	13.72	15	11.5	12.318	4.78
12.15	10.25	10.84	13.47	12.1	11.762	3.22
14.48	12.71	10.15	14.13	12.1	12.714	4.33

13.12	12.35	12.35	12.1	13.5	12.684	1.4
13.59	11.15	13.75	11.5	14.04	12.806	2.89
12.85	12.45	11.26	11.3	12.5	12.072	1.59
11.5	10.71	11.5	11.51	12.22	11.488	1.51
10.6	12.15	13	11.63	12.06	11.888	2.4
12.67	13.14	15	11.3	12.1	12.842	3.7
12.22	10.25	11.6	11.23	12.4	11.54	2.15
13.1	11.35	13.47	11	10.1	11.804	3.37
11.5	14.32	14.13	10.5	12.5	12.59	3.82
14.85	14.56	12.1	12.01	13.5	13.404	2.84
13.32	13.25	11.5	14.62	14.3	13.398	3.12
12.5	12.15	11.3	13.3	13.02	12.454	2
14.1	11.15	11.51	12.26	13.34	12.472	2.95
11.92	12.27	11.63	12.51	13.1	12.286	1.47
10.65	10.71	11.3	11.1	12.5	11.252	1.85
13.1	13.15	12.01	12.5	12.1	12.572	1.14
14.5	15.26	12	13.1	13.01	13.574	3.26
11.15	12.15	12	14.5	11.54	12.268	3.35

Tabla 4 Datos recolectados de la prueba de fuerza de apertura y cierre.

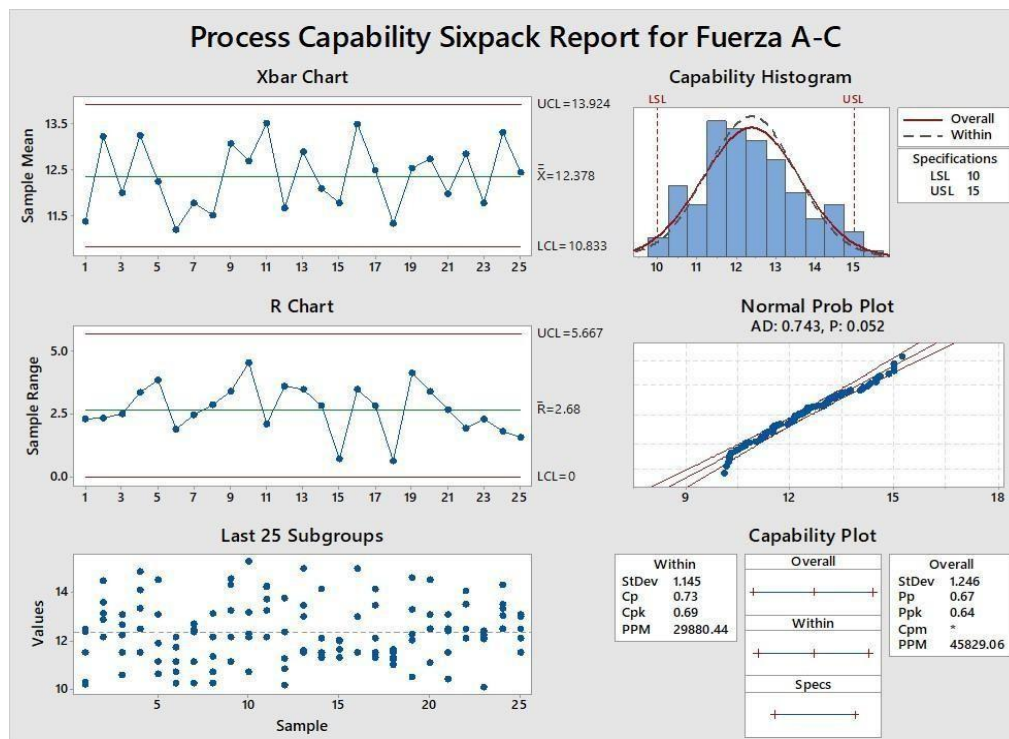


Ilustración 31. Grafica Análisis de capacidad/Fuerza de apertura y cierre

MUESTRA PESO 132.3 A 161.7 g						
Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Medias	Rangos
147.60	149.17	150.01	147.51	150.01	148.86	2.50
150.43	148.4	150.36	147.02	149.25	149.09	3.41
150.40	149.4	150.48	149	144.74	148.80	5.74
147.28	149.23	148.98	148.46	145.7	147.93	3.53
149.24	149.45	147.14	148.3	151.02	149.03	3.88
148.83	150.47	149.47	148	147.59	148.87	2.88
150.08	147.03	149.48	148	148.53	148.62	3.05
149.78	149.88	149.32	148.08	149.41	149.29	1.80
149.10	150.31	148.35	148.5	150.2	149.29	1.96
148.10	149.36	150.01	150.47	148.96	149.38	2.37
149.10	149.38	148.7	149.32	151.2	149.54	2.50
147.69	150.3	148.7	149	149.36	149.01	2.61
150.94	149.96	148.36	149.6	149.3	149.63	2.58
147.91	149.68	149	149	149.1	148.94	1.77
147.03	149.47	148.3	150.46	149.67	148.99	3.43
148.10	149.48	148.00	149.14	150.01	148.95	2.01
149.43	149.32	148.1	149.38	148.05	148.86	1.38
149.32	147.38	148.0	150.12	149.12	148.79	2.74
147.38	149.67	148.5	149.76	147.19	148.50	2.57
149.67	150.01	148	148.1	148.59	148.87	2.01
149.65	149.87	148.98	147.74	148	148.85	2.13
150.20	150.3	147.75	147.1	146.97	148.46	3.33
150.08	148.2	149.1	148.05	147.24	148.53	2.84
149.78	147.43	148.26	149.12	148.71	148.66	2.35
149.10	149.67	147.1	149.31	147.23	148.48	2.57

Tabla 5. Datos recolectados de característica Peso

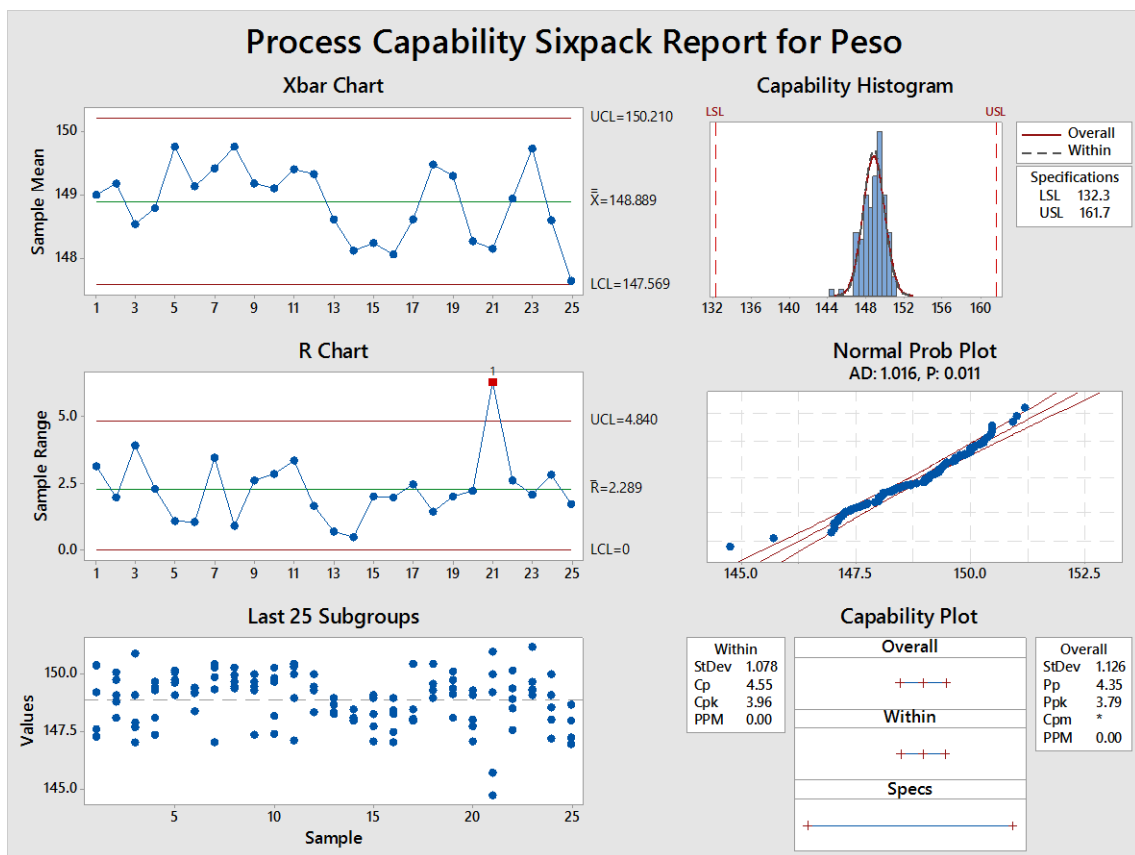


Ilustración 32. Grafica de análisis de capacidad Peso

Control SPC

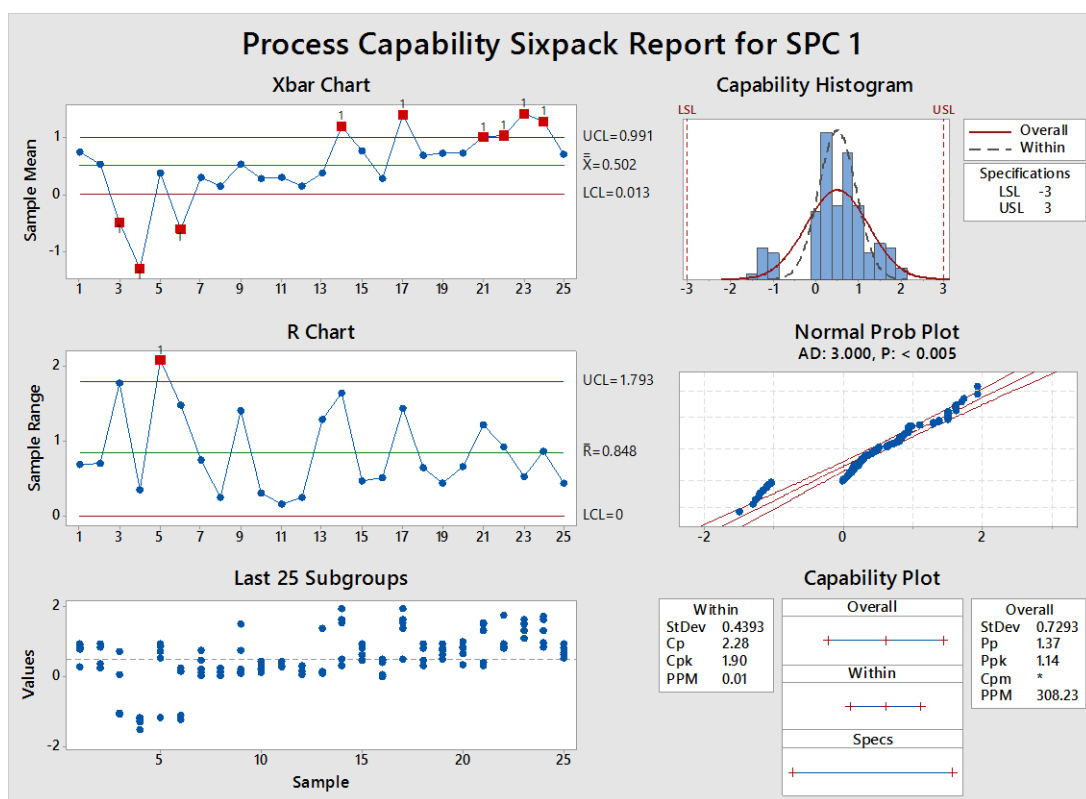


Ilustración 33. Grafica de análisis de capacidad SPC 1

Process Capability Sixpack Report for SPC 2

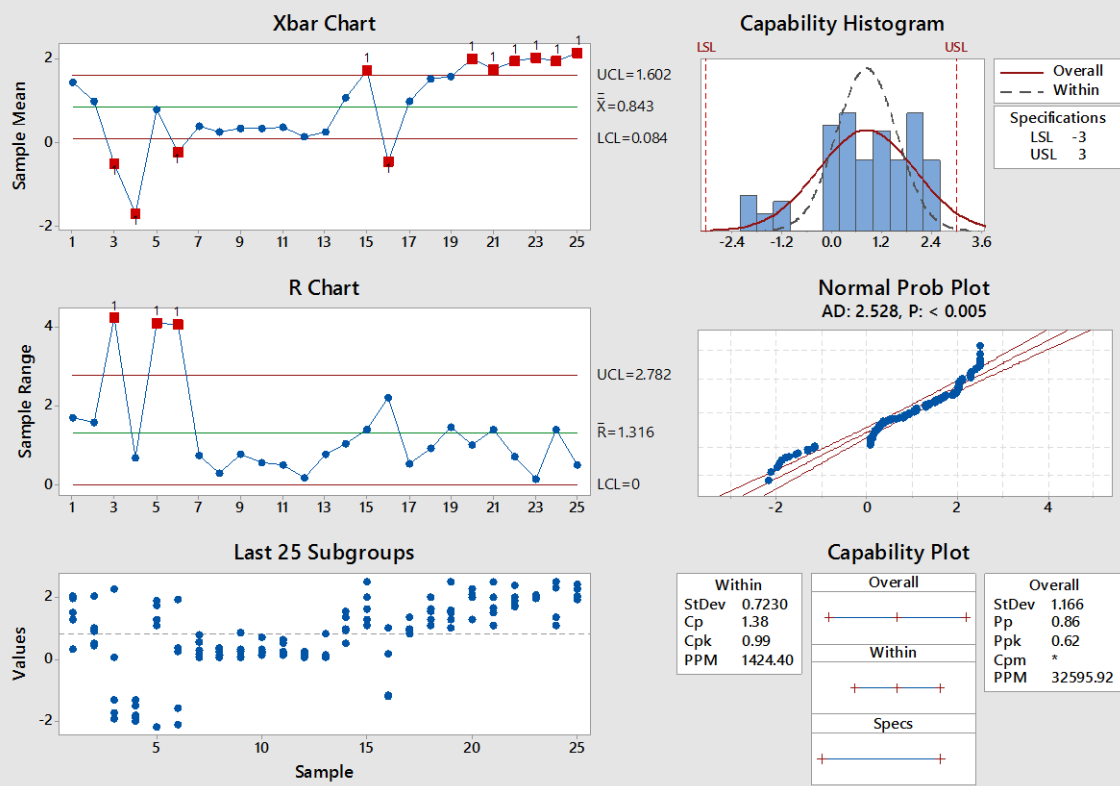


Ilustración 34. Grafica. Análisis de capacidad de SPC 2.

Process Capability Sixpack Report for SPC 3

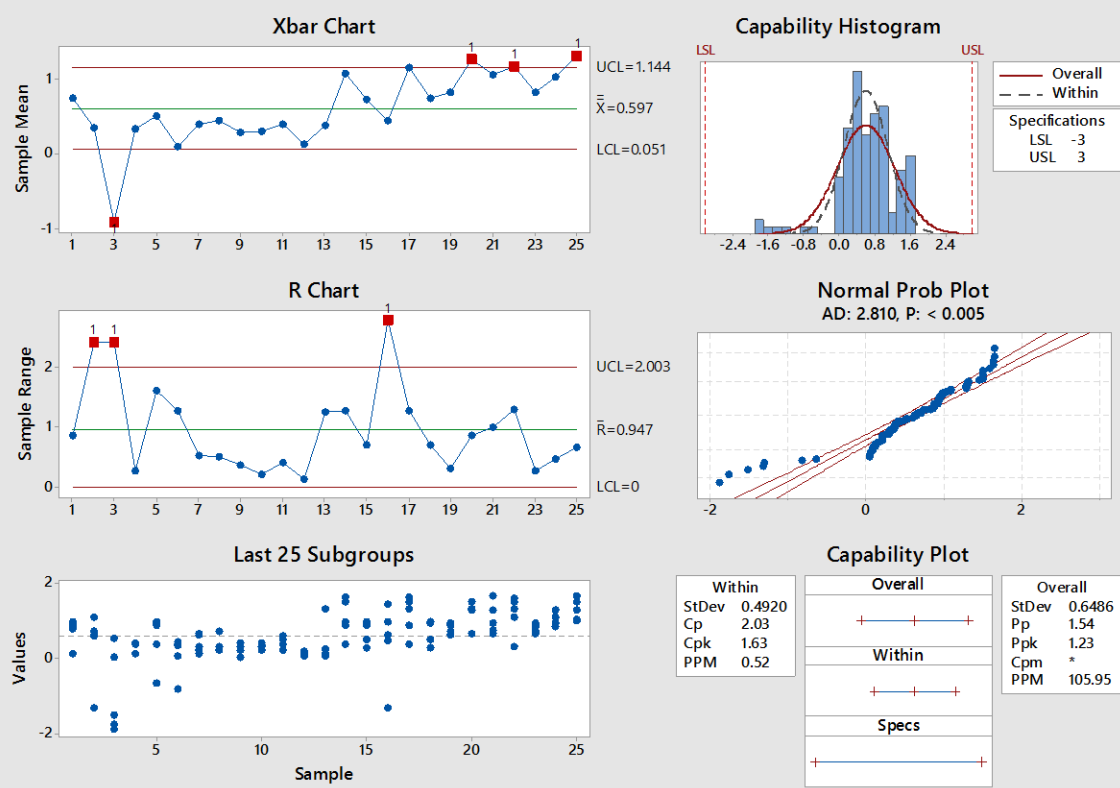


Ilustración 35. Grafica. Análisis de capacidad de SPC 3

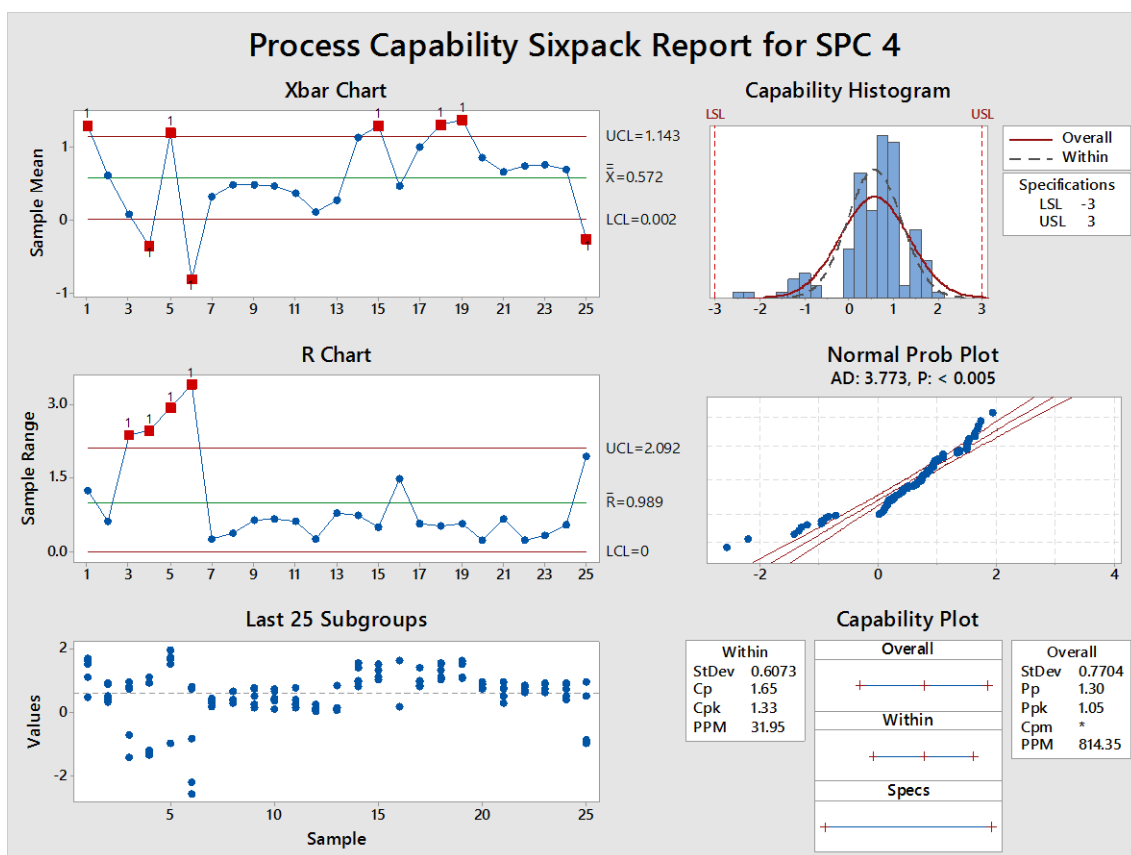


Ilustración 36. Grafica. Análisis de capacidad de SPC 4

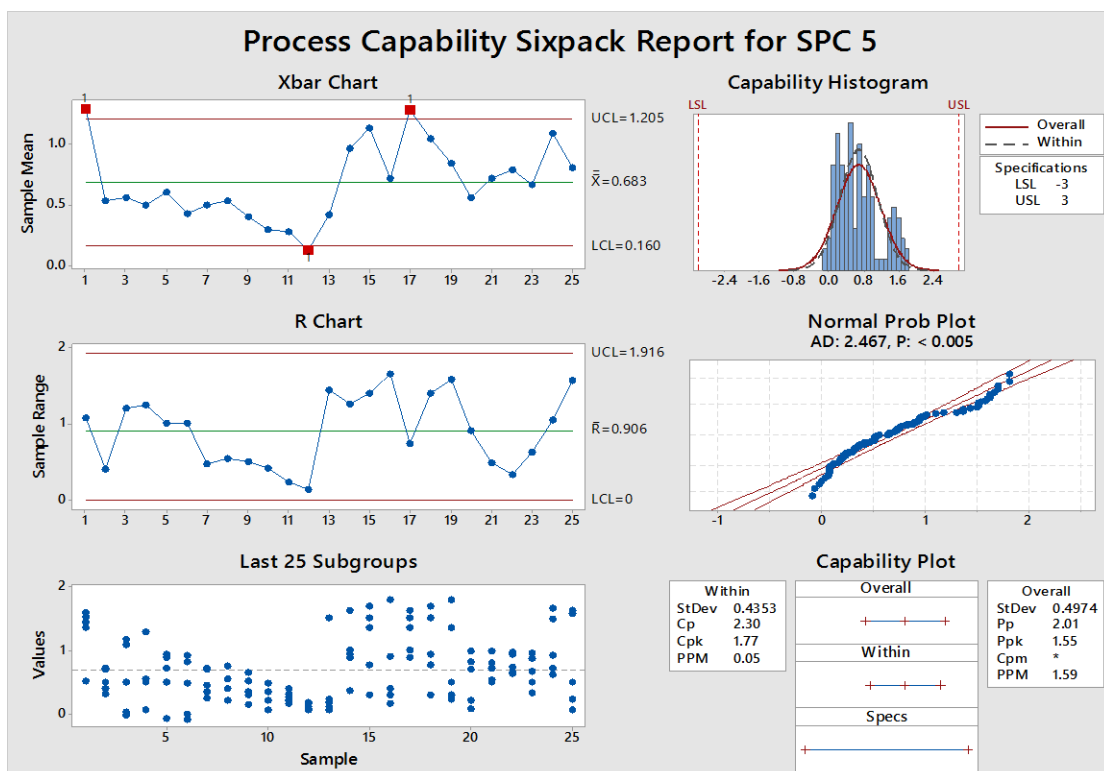


Ilustración 37. Grafica. Análisis de capacidad de SPC 5

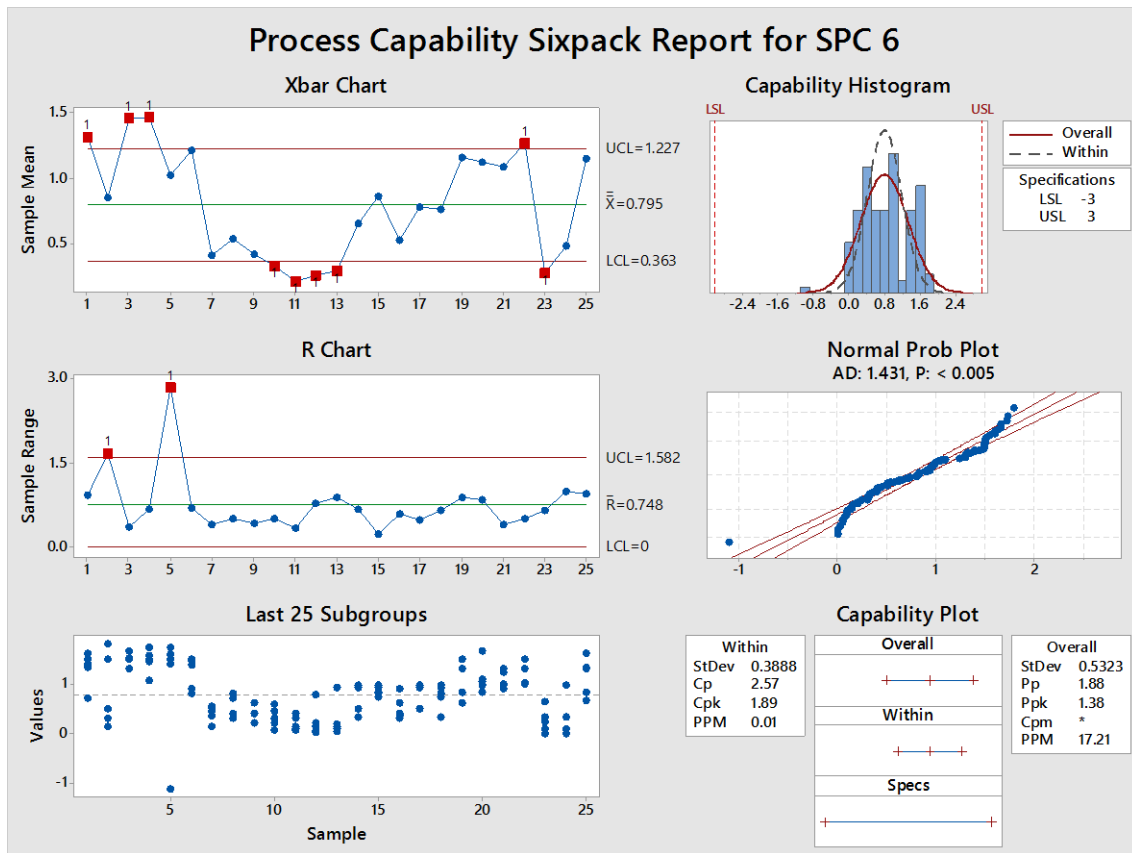


Ilustración 38. Grafica. Análisis de capacidad de SPC 6

Después de haber analizado las gráficas del control dimensional (SPC) se concluye que es adecuado para el proceso, sin embargo, presenta variación por causas especiales, por lo tanto, es necesario investigar y reducir la variación por causas especiales.

Característica	CP	CPK
SPC 1	2.28	1.90
SPC 2	1.38	0.99
SPC 3	2.03	1.63
SPC 4	1.65	1.33
SPC 5	2.30	1.77
SPC 6	2.57	1.89

Tabla 6 Valores de inspección dimensional SPC (mm)

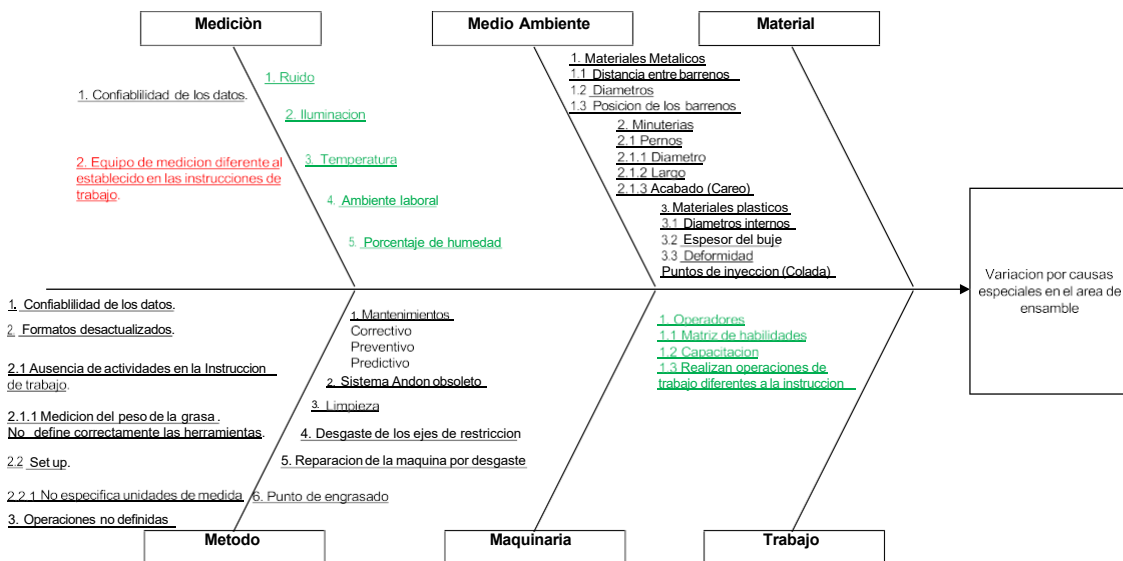


Ilustración 39. Diagrama de pescado variación por causas especiales en el área de ensamble.

Mejorar (Improve)

PASO 10. IMPLEMENTAR ACCIONES CORRECTIVAS

Después de haber analizado las causas raíz, por las cuales se presenta la variación en el área de ensamble, se determinaron acciones correctivas que podrían ayudar a disminuir o a eliminar la variabilidad. La causa raíz son los materiales que presentan variaciones y están afectando a la línea de ensamble. El alcance del proyecto no permite modificar o hacer acciones correctivas de los materiales, ya que los problemas provienen de los proveedores sin embargo, los ingenieros de atención a proveedores, ingenieros de calidad, técnicos de calidad y recepción de materiales trabajan constantemente con las alertas de calidad por materiales defectuosos desde la recepción hasta el ensamble de los componentes si es que estos presentan alguna deformidad o representan algún riesgo dentro del proceso productivo que son causantes de la mala calidad de los descansabrazos. Además de que se tomó la decisión de implementar KPI'S para conocer cuál es el desempeño del proceso con las mejoras ya aplicadas.

Las acciones correctivas principales serán:

- Entrenamiento del personal.
- Equipos de medición calibrados para cada característica a controlar.
- Gráficos de control en la operación.
- Auditoria del cumplimiento periódicamente.

Los Set ups, instrucciones de trabajo y plan de control se y actualizaron en conjunto por el área de ingeniería y calidad. Para que los operadores realizaran las actividades correctamente, se actualizaron las herramientas de la operación, se agregaron unidades de medida que no estaban especificadas en el formato. Además de que es un requisito para las auditorías internas y con los clientes.

TIPO DE DOCUMENTO						SIGLA: MOO00006-CLM		REFERENCIA		PAGINA 2 de 2		clerprem							
Set Up Maquina						Fix check Taos Vorne						N°							
Maquina:						MES													
NOTAS 1.- Anotar los valores numericos registrados en la realización del set up. 2.- Anotar la semana del año en la que se labora						Verificar distancia de avance Piston Carro_1		Verificar distancia de avance Piston Carro_2		Verificar distancia entre pernos Carro_1		Verificar distancia entre pernos Carro_2		Fuerza de apertura y cierre de ensamble Carro_1		Fuerza de apertura y cierre de ensamble Carro_2		Firmas de personal que evaluó la realización del set up	
						10.78 ± 1 mm.		10.78 ± 1 mm.		108.6 mm ± 0.5		108.6 mm ± 0.5		Apertura: 68 max-30 min Cierre: 68max-30 min		Apertura: 68 max-30 min Cierre: 68max-30 min			
SEMANA:						Turno													
Fecha		Responsable				Izquierdo		Derecho		Izquierdo		Derecho							
		Técnico de				10.90		10.85		10.87		11.00		108.90		108.50		46/41 39/39	

Ilustración 40. Formato Set Up de maquina actual

3	ENSAMBLE DE HAUPHALTER Y TRAEGER	Verifica presion del presostato (5 a 7 Bar)	*	ST04	Verificar la presion del presostato	1 lect
		Presencia de grasa en perno	*	ST04	Verificar la presencia de grasa en perno	100
		Distancia de avance de los pistones.	*	ST04	Verificar la distancia de avance de los pistones 1 y 2. Espec. 11.6 ± 2 mm	1 lect
		Verificar distancia entre pernos del carro 1 Y 2.	*	ST04	Verificar la distancia entre pernos del carro 1 y carro 2. Espec. 108.6 ± 1 mm	1 lect
		Fuerza del ensamble apertura y cierre.	*	ST04	Verificar la fuerza del ensamble de los componentes en la pantalla. Espec. Fuerza de apertura (68Nm a 30Nm) Espec. Fuerza de cierre. (68Nm a 30Nm)	100

Ilustración 41. Especificaciones dentro del plan de control



Ilustración 42. Herramienta para medir dispensación de grasa

Tipo de documento: **MONTAJE ARM TAOS FRONT** Abbr: ST04 Rev. 05 06/08/2024 **clerprem**

VERIFICACION DE DISPENSACION DE GRASA **FASE 23**

Controles a realizar en el puesto de trabajo	Responsabilidad	Frecuencia	Herramienta	Plan de reacción	Clase de característica
Compruebe que ha realizado la actividad descrita	Producción	100%	---	Ajuste / puesta a punto	IMPORTANTE +

Para comprobar el peso de las dispensaciones de grasa usaremos el soporte indicado en la imagen

Desarmar la base retirándole los magos que la sujetan.

CPMX-8IYTGRS01

Base para pesar

PLM

Ilustración 43 ST04 ARM TAOS FRONT Assembly Estructura

Tipo de documento: MONTAJE ARM TAOS FRONT		Abbr: ST04	Rev. 05 06/08/2024	
VERIFICACION DE DISPENSACION DE GRASA			FASE 28	

Registrar en el **MOD00248-CLM**, el dato mostrado por la bascula.



La grasa dispensada debe de pesar entre:
0.04 g.
0.06 g.

Ilustración 44 ST04 ARM TAOS FRONT Assembly Structure

Además de que se detectaron algunas inconsistencias en el registro del peso de la grasa, ya que la dispensadora de grasa no proporciona la misma cantidad en todos los disparos y los registros presentan el mismo dato. Por lo cual se auditará periódicamente dicho control para que los datos fueran verídicos y reales.

TIPO DE DOCUMENTO:		SET UP MAQUINA		ESTILA: MOD00248-CLM	REFERENCIA: MTC SECC. 7	
				REVISIÓN: 05	PÁGINAS: 1 de 1	
MAQUINA		DISPENSADOR DE GRASA TAOS VORNE				Nº
VALORES		OK= BUEN FUNCIONAMIENTO		MI= MAL FUNCIONAMIENTO		MES
Fecha	Tiempo	Dispositivo libre de contaminación exterior	Presión regulada (MPa)	Presión regulada (MPa)	Peso de la grasa (g) (dispensado)	PRODUCCIÓN: (Nombre y Firma)
20-11-24	12:00	OK	0.05	0.1	0.5	
22-11-24	12:00	OK	0.2	0.2	0.5	Algo
25-11-24	12:00	OK	0.2	0.2	0.5	
26-11-24	12:00	OK	0.2	0.2	0.5	
27-11-24	12:00	OK	0.2	0.2	0.5	
28-11-24	12:00	OK	0.2	0.2	0.5	
29-11-24	12:00	OK	0.2	0.2	0.5	
30-11-24	12:00	OK	0.2	0.2	0.5	
01-12-24	12:00	OK	0.2	0.2	0.5	
02-12-24	12:00	OK	0.2	0.2	0.5	
03-12-24	12:00	OK	0.2	0.2	0.5	
04-12-24	12:00	OK	0.2	0.2	0.5	
05-12-24	12:00	OK	0.2	0.2	0.5	
06-12-24	12:00	OK	0.2	0.2	0.5	
07-12-24	12:00	OK	0.2	0.2	0.5	
08-12-24	12:00	OK	0.2	0.2	0.5	
09-12-24	12:00	OK	0.2	0.2	0.5	
10-12-24	12:00	OK	0.2	0.2	0.5	
11-12-24	12:00	OK	0.2	0.2	0.5	

Ilustración 45 Set up dispensador de grasa.

Además de la implementación de cartas de control por atributos para la última fase del proceso, la liberación de las piezas, ya que esta implementación permitiría conocer el comportamiento de las piezas no conformes.

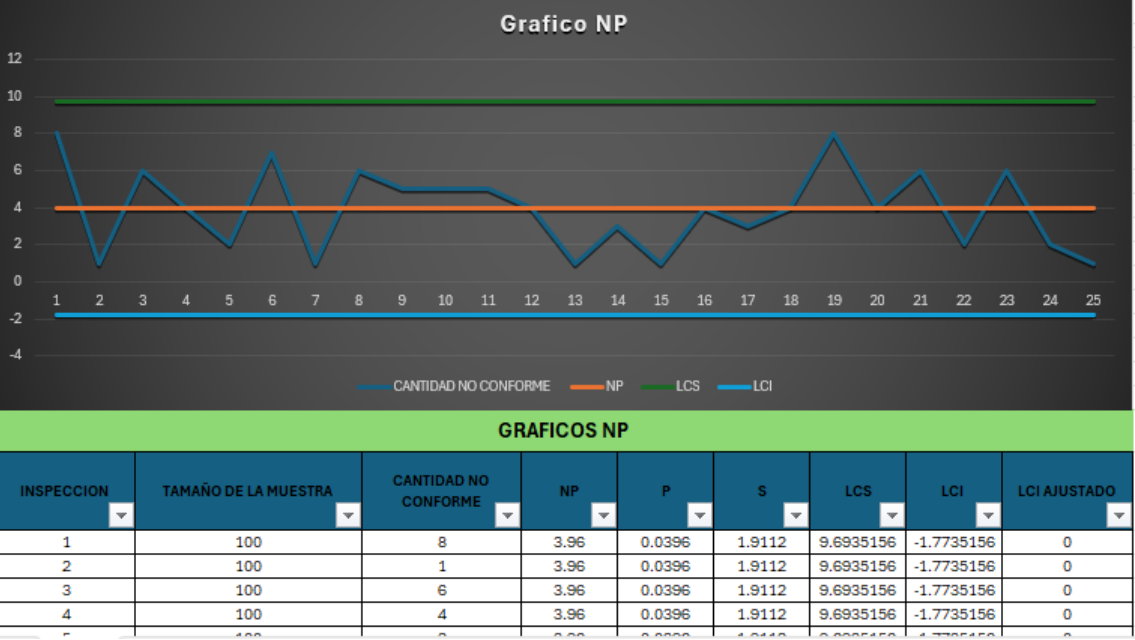


Ilustración 46. Carta de control NP

Se agregó el control para el peso de la grasa. Por lo cual también fue necesario realizar el estudio de capacidad y habilidad.

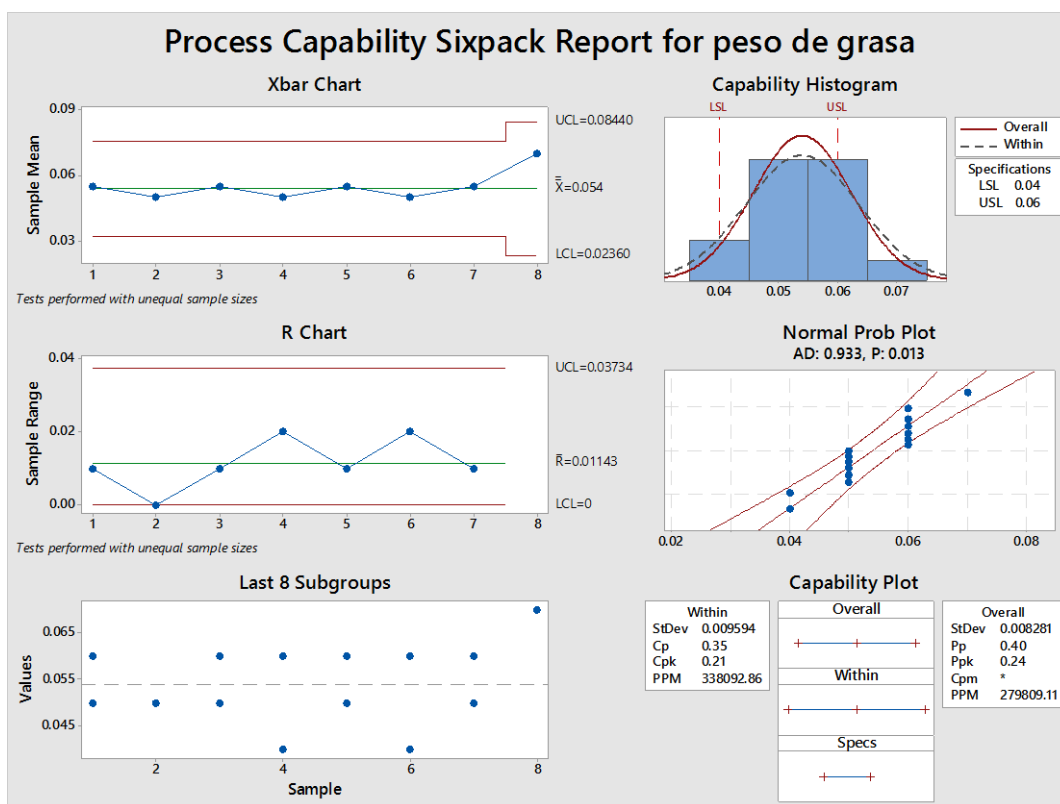


Ilustración 47. Grafica Análisis Six Pack peso de grasa. Elaboración propia.

Las mediciones del peso de la grasa siguen un patrón alrededor de la media, Por lo cual el comportamiento del proceso se encuentra centrado. El Cp y Cpk se encuentran en niveles aun bajos por lo cual es necesario realizar ajustes en el proceso.

CONTROLAR

Paso 11. MONITOREAR ACCIONES CORRECTIVAS IMPLEMENTADAS EN LA LINEA

Las acciones correctivas se monitorearán a través de los indicadores clave para poder observar cual fue el porcentaje de mejora. El FTQ es el KPI que nos ayudara a visualizar el porcentaje de mejora alcanzado gracias a las acciones correctivas implementadas.

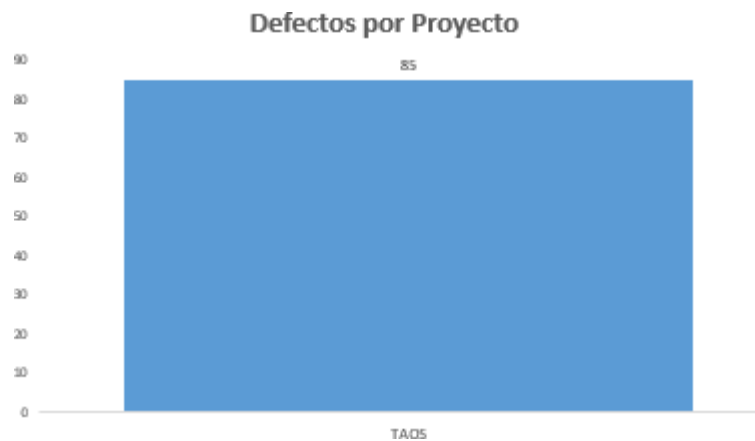


Ilustración 48 FTQ línea Taos Clerprem México

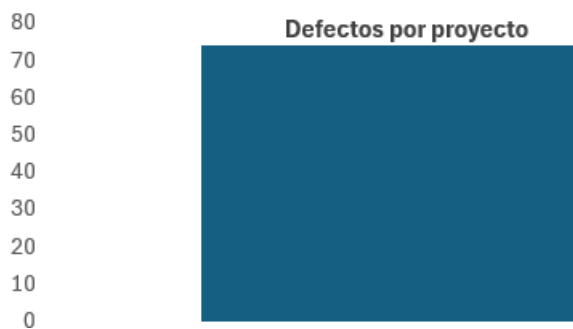


Ilustración 49. FTQ alcanzado con acciones correctivas Taos Clerprem México

Después de haber implementado y controlado las acciones correctivas, el FTQ nos permite visualizar que los fallos presentados en la línea han disminuido el 11%, por lo cual es necesario continuar y mantener las mejoras alcanzadas, lo que representa un ahorro para las diferentes áreas de la empresa.

RESULTADOS

Desde la implementación de estas medidas, se ha observado una disminución significativa en la variabilidad del proceso, con un aumento en la conformidad de los descansabrazos fabricados. Esto ha resultado en una reducción de rechazos internos y devoluciones de clientes, mejorando tanto la eficiencia operativa como la satisfacción del cliente.

Con estas acciones, el sistema de control asegura la continuidad de las mejoras logradas, sentando las bases para futuros proyectos de optimización y fortaleciendo el enfoque de calidad en la organización.

CONCLUSIONES

- Reducción de la variabilidad del proceso

La implementación de las herramientas de SPC permitió identificar y controlar las principales fuentes de la variabilidad en el proceso de fabricación de los descansabrazos. Esto dio como resultado un proceso más estable y predecible, lo que cumple con los estándares de calidad establecidos.

- Mejora de la calidad del producto.

Gracias al monitoreo continuo y a la rápida acción correctiva se logró una disminución significativa en la generación de defectos. Esto no solo redujo los costos relacionados con retrabajos y desperdicios, sino que también incremento la satisfacción del cliente debido a la consistencia en la calidad de los descansabrazos entregados.

- Fortalecimiento de la cultura de calidad

La capacitación al personal y la estandarización de procedimientos promovieron una mayor conciencia sobre la importancia de la calidad y el control del proceso. Esto ayuda a crear una cultura organizacional más alineada con la mejora continua y la excelencia operativa.

- Ahorro de costos operativos

La disminución de rechazos internos y devoluciones de clientes generó un impacto positivo en los costos operativos, aumentando la eficiencia en el uso de materiales y recursos.

- Sostenibilidad de las Mejoras.

Las medidas implementadas en la fase de control, como los gráficos de control, auditorías regulares y KPIs, aseguran que las mejoras logradas se mantengan a largo plazo. Además, sientan las bases para futuras optimizaciones del proceso.

- Impacto en la competitividad.

Al mejorar la calidad y reducir los costos operativos, la empresa fortaleció su posición competitiva en el mercado, ofreciendo productos confiables y cumpliendo con las expectativas de los clientes.

RECOMENDACIONES

- Continuar utilizando herramientas de SPC en otros procesos de fabricación para extender los beneficios obtenidos.
- Utilizar la específica de trabajo desarrollada para poder implementar la herramienta.
- Realizar evaluaciones periódicas para ajustar los límites de control según las necesidades del cliente.

- Explorar la integración de tecnologías avanzadas, como la inteligencia artificial, para un análisis más profundo y automatizado de los datos de control del proceso.
- Además de que se presenta el estado actual del proceso de producción de los descansabrazos de la camioneta ID4 para la implementación y aplicación de la herramienta SPC.

PROYECTO ID4 ESTADO ACTUAL

Datos recolectados de la liberación de primeras piezas del proyecto ID4. Se da seguimiento para realizar el estudio de la capacidad (C_p) y la habilidad del proceso (C_{pk}).

<i>Fuerza de Apertura-Cierre (10-15N)</i>						
<i>Muestra</i> 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Rangos	Media
11.82	12.33	11.58	12.25	12.95	1.37	12.186
12.56	10.52	13.28	13.56	12.84	3.04	12.552
12.72	13.05	12.04	11.11	10.28	2.77	11.84
13.97	12.86	10.78	14.46	11.95	3.68	12.804
14.22	11.85	11.62	12.08	11.35	2.87	12.224
14.29	13.37	12.65	12.08	10.56	3.73	12.59
13.58	12.36	13.43	13.17	12.08	1.5	12.924
12.17	11.45	13.08	12.56	13.18	1.73	12.488
11.27	12.39	11.84	11.06	13.48	2.42	12.008
14.8	11.18	13.42	10	13.33	4.8	12.546
14.11	14.27	12.21	11.96	13.06	2.31	13.122
12.95	12.11	12.82	14.36	11.56	2.8	12.76
10.67	11.54	12.56	12.89	12.71	2.22	12.074
13.62	12.03	11.21	14.12	14.35	3.14	13.066
14.96	11.29	13.61	13.15	14.84	3.67	13.57
13.76	10.27	12.4	14.85	12.04	4.58	12.664

13.89	13.6	11.63	12.95	11.59	2.3	12.732
13.2	14.3	11.21	12.56	11.74	3.09	12.602
14.64	12.79	13.61	13.3	11.37	3.27	13.142
11.76	12.45	10.56	13.02	12.43	1.26	12.044
12.98	12.19	12.76	13.27	11.52	1.75	12.544
13.36	11.06	11.23	13.95	14.52	3.46	12.824
14.3	13.29	10.67	10.84	11.46	3.63	12.112
12.93	12.87	12.26	11.2	14.88	3.68	12.828
12.14	12.27	14.79	13.55	14.92	2.78	13.534

Ilustración 50. Datos recolectados de la fuerza de apertura y cierre del descansabrazo.

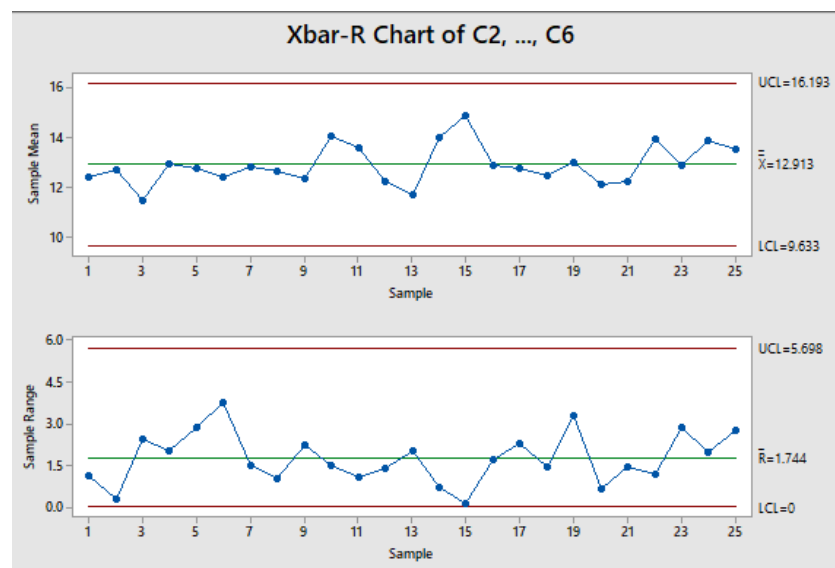


Ilustración 51 Gráfico variación del valor de la media y el rango de la fuerza de apertura y cierre de los descansabrazos.

Nota: las muestras tomadas para el análisis están dentro de los límites de control especificados por el cliente, por lo tanto, siguen una distribución normal y son adecuados para el estudio de Cp y Cpk.

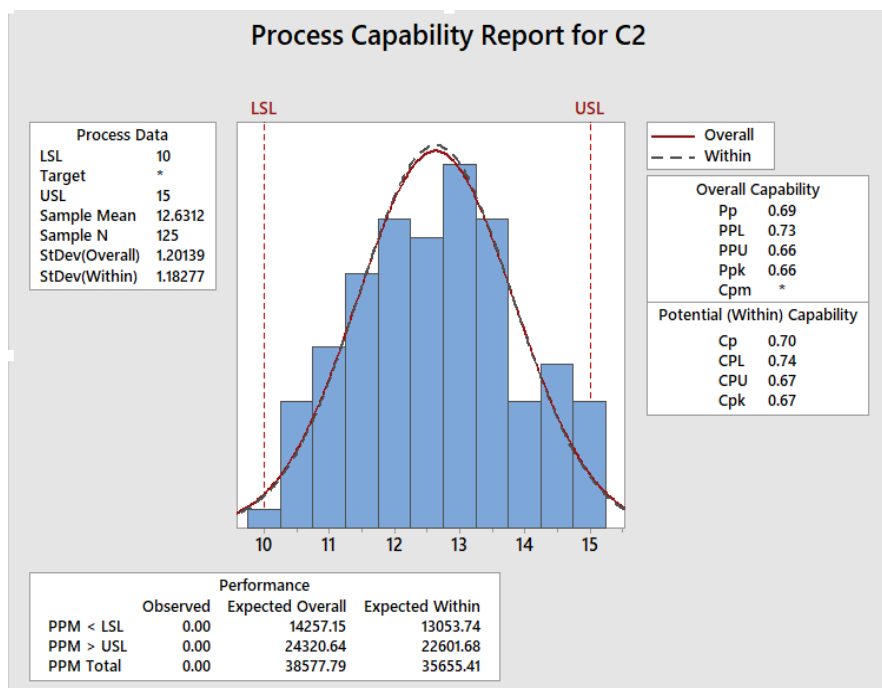


Ilustración 52. Gráfico estudio Cp y Cpk de la característica fuerza de apertura y cierre.

Nota: el proceso no cabe dentro de los límites de control, ya que algunas de las muestras se encuentran fuera. El 0.70 refleja que aún no es adecuado para el trabajo y necesita modificaciones para alcanzar la calidad necesaria. Por lo tanto 35655 piezas por millón estarán fuera de especificación.

PRUEBAS DE ESPUMA

Las siguientes pruebas se realizaron con datos recabados del MOD00010-CLM Control De Características De Espuma rev.11 05.03.2024. Se tomaron 125 valores, por lo tanto 25 números de muestras y 5 valores para el tamaño de la muestra desde la fecha 25/01/2024 al 21/08/2024 para el cálculo de Cp. y Cpk.

Muestras Espumado Dureza (4.4±0.8mm)						
Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	R	$\bar{x}$
3.81	5.16	4.14	3.84	4.35	1.35	4.260
4.36	4.93	4.21	4.70	4.30	0.72	4.500
3.65	4.43	3.78	4.32	4.67	1.02	4.170
4.01	4.98	4.33	4.31	4.22	0.97	4.370

4.60	4.43	4.21	3.87	3.69	0.91	4.160
4.94	4.05	3.67	4.32	4.98	1.31	4.392
3.95	4.43	4.97	3.86	4.20	1.11	4.282
4.48	4.34	4.08	4.19	5.05	0.97	4.428
4.86	4.93	4.41	4.16	4.79	0.77	4.630
4.68	4.80	4.25	4.05	4.00	0.80	4.356
5.11	4.25	4.04	4.49	3.74	1.37	4.326
4.71	4.09	4.20	4.32	4.35	0.62	4.334
4.53	4.72	4.21	4.10	4.66	0.62	4.444
4.41	4.07	3.78	3.87	4.11	0.63	4.048
4.43	3.67	3.87	3.90	4.59	0.92	4.092
4.48	4.97	4.64	4.25	4.25	0.72	4.518
4.66	4.08	4.42	4.66	4.16	0.58	4.396
4.08	4.13	4.40	4.43	4.05	0.38	4.218
4.13	4.59	3.79	3.65	4.69	1.04	4.170
4.59	4.25	4.26	4.39	5.13	0.88	4.524
4.79	3.99	4.33	3.81	4.96	1.15	4.376
4.71	4.33	4.50	4.36	4.95	0.62	4.570
3.95	4.91	4.45	3.65	4.62	1.26	4.316
4.48	4.54	4.61	4.01	4.26	0.60	4.380
4.86	4.21	4.77	4.58	4.17	0.69	4.518

Tabla 7. Datos recolectados del proceso de espumado (característica de dureza).

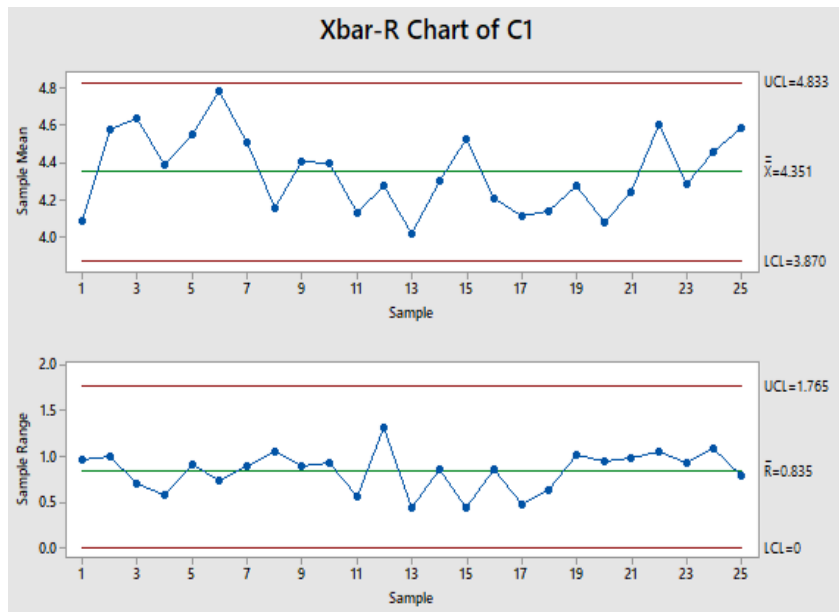


Ilustración 53. Variación del valor de la media y el rango de la dureza del descansabrazo.

Nota: Las pruebas siguen una distribución normal, además de que se encuentran dentro de los límites de control, por lo tanto, son adecuadas para el cálculo de Cp y Cpk.

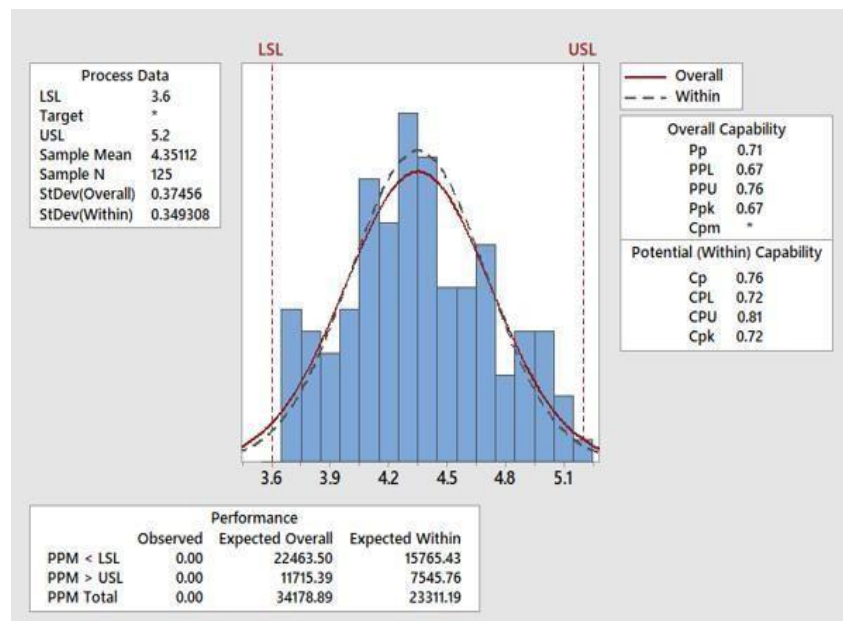


Ilustración 54. Estudio de Cp y Cpk de la característica (Dureza)

Nota: El proceso no cabe dentro de los límites de control. El Cp. de 0.76 refleja que aún no es adecuado para el trabajo y necesita modificaciones para alcanzar

la calidad necesaria. El Cpk con valor de 0.72 refleja que el proceso no se encuentra “centrado” y 22,311 piezas por millón se encuentran fuera de las especificaciones.

MUESTRA PESO 132.3 A 161.7 g						
Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra	$\bar{x}$	R
147.60	149.17	150.01	147.51	150.01	148.86	2.50
150.43	148.4	150.36	147.02	149.25	149.09	3.41
150.40	149.4	150.48	149.0	144.74	148.80	5.74
147.28	149.23	148.98	148.46	145.7	147.93	3.53
149.24	149.45	147.14	148.3	151.02	149.03	3.88
148.83	150.47	149.47	148.0	147.59	148.87	2.88
150.08	147.03	149.48	148.0	148.53	148.62	3.05
149.78	149.88	149.32	148.08	149.41	149.29	1.80
149.10	150.31	148.35	148.5	150.2	149.29	1.96
148.10	149.36	150.01	150.47	148.96	149.38	2.37
149.10	149.38	148.7	149.32	151.2	149.54	2.50
147.69	150.3	148.7	149.0	149.36	149.01	2.61
150.94	149.96	148.36	149.6	149.3	149.63	2.58
147.91	149.68	149.0	149.0	149.1	148.94	1.77
147.03	149.47	148.3	150.46	149.67	148.99	3.43
148.10	149.48	148.00	149.14	150.01	148.95	2.01
149.43	149.32	148.1	149.38	148.05	148.86	1.38
149.32	147.38	148.0	150.12	149.12	148.79	2.74
147.38	149.67	148.5	149.76	147.19	148.50	2.57
149.67	150.01	148.0	148.1	148.59	148.87	2.01
149.65	149.87	148.98	147.74	148.0	148.85	2.13
150.20	150.3	147.75	147.1	146.97	148.46	3.33
150.08	148.2	149.1	148.05	147.24	148.53	2.84
149.78	147.43	148.26	149.12	148.71	148.66	2.35
149.10	149.67	147.1	149.31	147.23	148.48	2.57

Tabla 8 Datos recolectados del proceso de espumado (Peso).

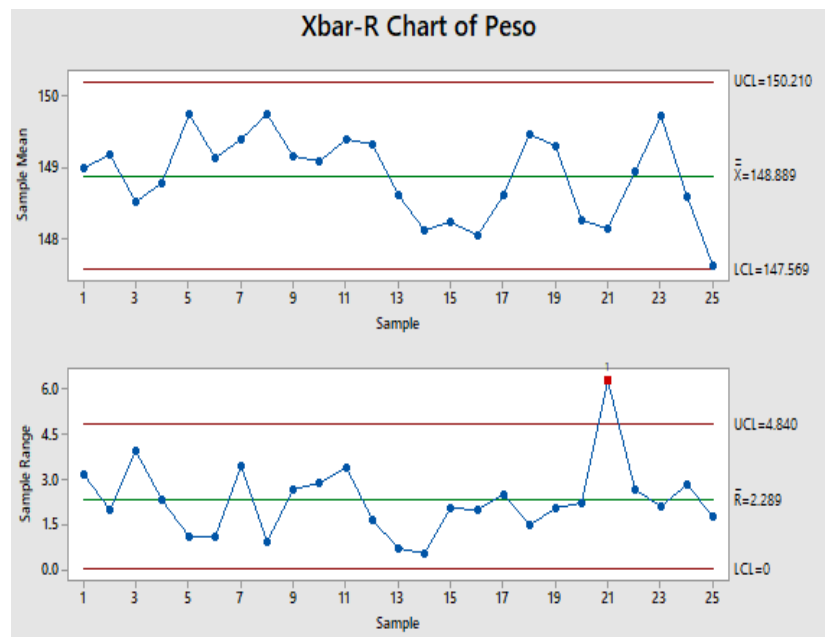


Ilustración 55. Variación del valor de la media y el rango del peso presentando en el descansabrazo.

Nota: Las pruebas siguen una distribución normal, además de que se encuentran dentro de los límites de control, por lo tanto, son adecuadas para el cálculo de Cp y Cpk.

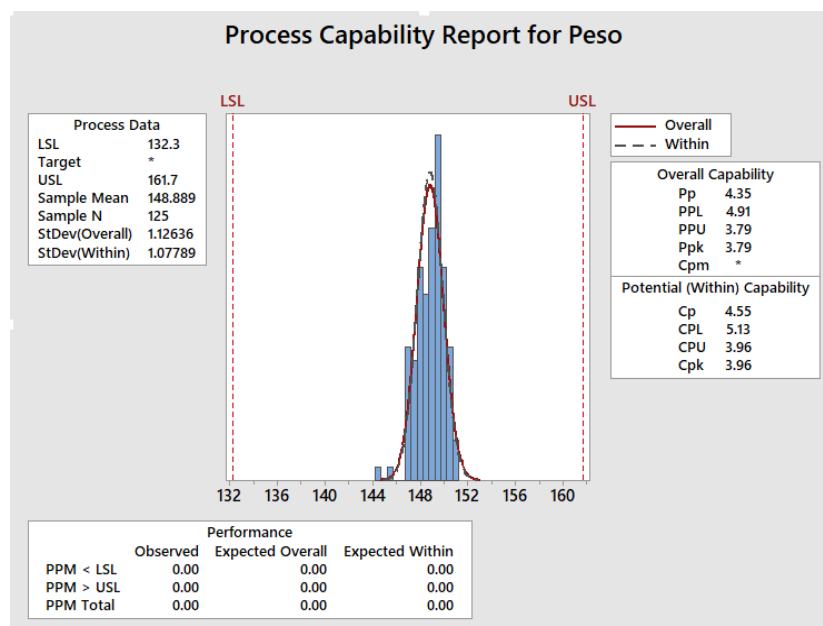


Ilustración 56. Estudio de Cp y Cpk peso

Nota: El Cp. de 4.55 reflejan que el proceso es hábil y adecuado. El Cpk con valor de 3.96 refleja que el proceso se encuentra “centrado” y **0 piezas por millón se encuentran fuera de las especificaciones.**

MUESTRAS DENSIDAD 120- 140						
Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	$\bar{x}$	R
135.02	136.45	137.22	134.93	137.22	136.17	2.29
137.60	135.75	137.54	134.49	136.53	136.38	3.12
137.58	136.66	137.65	136.30	132.40	136.12	5.25
134.72	136.30	136.28	135.80	133.28	135.28	3.02
136.52	136.71	134.60	135.66	138.14	136.32	3.55
136.14	137.64	136.73	135.38	135.01	136.18	2.63
137.28	134.49	136.74	135.38	135.87	135.95	2.79
137.01	137.10	136.59	135.46	136.67	136.57	1.65
136.39	137.50	135.70	135.84	137.39	136.56	1.79
135.47	136.63	137.22	137.64	136.26	136.64	2.17
136.39	136.64	136.02	136.59	138.31	136.79	2.29
135.10	137.49	136.02	136.30	136.63	136.31	2.39
138.07	137.17	135.71	136.85	136.57	136.87	2.36
135.30	136.92	136.30	136.30	136.39	136.24	1.62
134.49	136.73	135.66	137.63	136.91	136.28	3.14
135.47	136.74	135.38	136.42	137.22	136.25	1.84
136.69	136.59	135.47	136.64	135.43	136.17	1.26
136.59	134.81	135.38	137.32	136.41	136.10	2.51
134.81	136.91	135.84	136.99	134.64	135.84	2.35

136.91	137.22	135.38	135.47	135.92	136.18	1.84
136.89	137.09	136.28	135.14	135.38	136.16	1.95
137.39	137.49	135.15	134.56	134.44	135.81	3.05
137.28	135.56	136.39	135.43	134.69	135.87	2.60
137.01	134.86	135.62	136.41	136.03	135.99	2.15
136.39	136.91	134.56	136.58	134.68	135.82	2.35

Tabla 9. Datos recolectados del proceso de espumado (Característica Densidad).

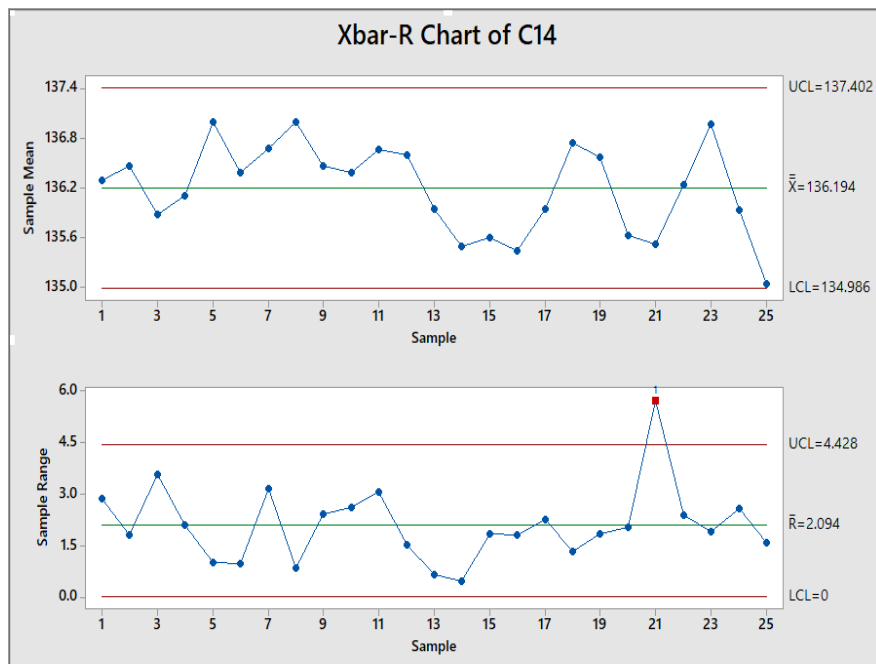


Ilustración 57. Gráfico de variación de la media y rango de la densidad.

Nota: Las pruebas siguen una distribución normal, además de que se encuentran dentro de los límites de control, por lo tanto, son adecuadas para el cálculo de Cp y Cpk.

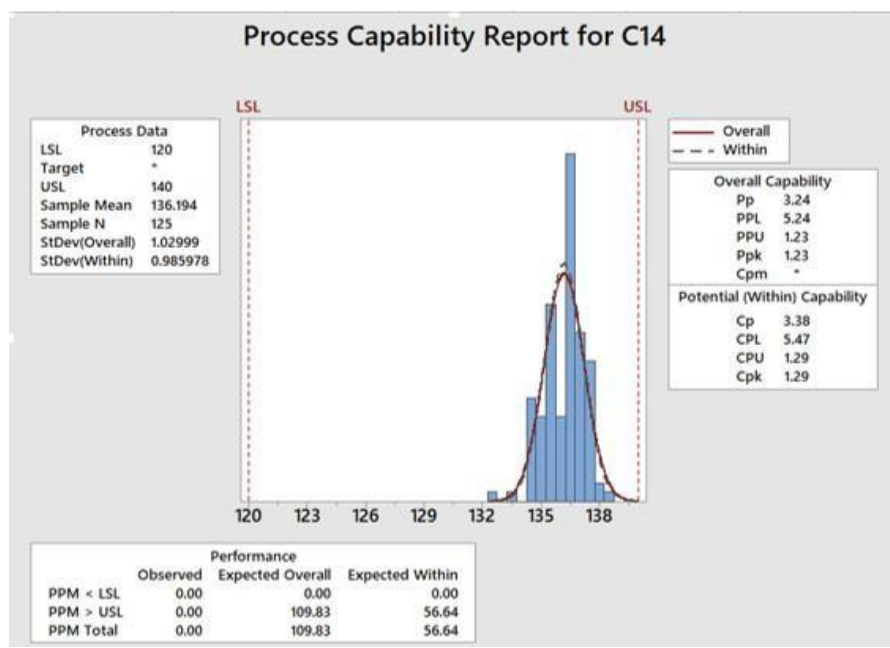


Ilustración 58. Estudio de Cp y Cpk de la característica "Densidad"

Nota: El Cp. de 3.38 refleja que es adecuado. El Cpk con valor de 1.29 refleja que el proceso es hábil pero no se encuentra “centrado” ya que los datos se encuentran cargados hacia el límite superior y **56.64 piezas por millón se encuentran fuera de las especificaciones.**

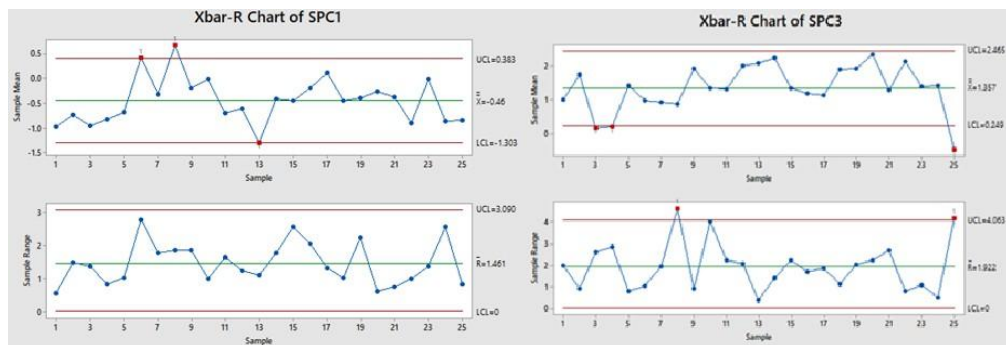
Control de SPC ID4

En el estudio de control de pc se tomaron Se tomaron 125 valores, por lo tanto 25 números de muestras y 5 valores de los 7 spc, con fecha 12/01/2024 al 05/08/2024, teniendo en cuenta que la línea ID4 presenta paros técnicos prolongados durante los meses.

<i>Inspección dimensional +/- 3mm</i>						
<i>Muestra 1</i>	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	<i>Media</i>	<i>Rango</i>
-0.71	-1.29	0.3	0.18	1.18	-0.068	2.47
2.03	2.07	0.01	-1.11	0.68	0.736	3.18
-0.74	0.15	0.41	1.43	-0.38	0.174	2.17
0.6	1.82	-0.18	0.04	2.21	0.898	2.39
0.4	1.93	0.71	-1.85	-1.22	-0.006	3.78

0.09	1.52	1.43	1.56	-0.59	0.802	2.15
-0.19	1.7	0.27	-0.85	-0.99	-0.012	2.69
-1.01	-1.2	-1.24	-0.2	1.71	-0.388	2.95
2.33	2.51	-1.87	0.27	0.9	0.828	4.38
1.11	0.98	2.11	0.37	-0.37	0.84	2.48
2.41	-0.5	1.18	0.68	0.71	0.896	2.91
2.24	-0.08	-0.2	-1.19	-1.2	-0.086	3.44
-1.51	0.69	1.56	1.07	0.22	0.406	3.07
-1.97	0.81	-1.68	-1.7	-1.09	-1.126	2.78
-0.1	0.1	0.81	0.52	1.57	0.58	1.67
0.83	1.2	0.98	0.69	0.28	0.796	0.92
-2.16	-1.73	-0.61	-0.24	-1.16	-1.18	1.92
-0.01	-0.4	-0.92	-0.49	-1.41	-0.646	1.4
-0.78	-1.06	0.71	-1.85	0.16	-0.564	2.56
1.53	-1.81	1.43	1.56	0.71	0.684	3.37
0.35	0.72	0.27	-0.85	0.46	0.19	1.57
-0.67	-0.16	-1.24	-0.2	0.16	-0.422	1.4
1.9	1.67	-1.87	0.27	0.19	0.432	3.77
-1.36	-1.7	2.11	0.37	-1.18	-0.352	3.81
-0.08	-0.38	2.7	2.21	0.71	1.032	3.08

Tabla 10. Muestras de control SPC



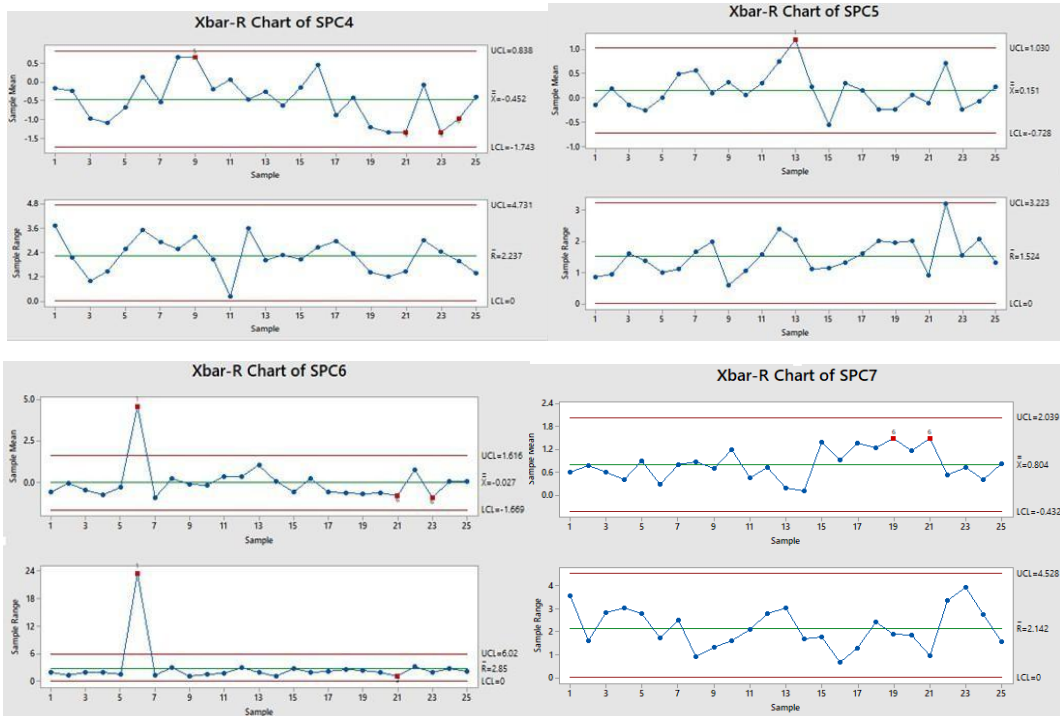


Ilustración 59 Variación del valor de la media y el rango de SPC medidos.

COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS

La universidad es la base para adquirir conocimientos teóricos necesarios en el campo laboral, sin embargo, no es suficiente obtener el conocimiento teórico, ya que es indispensable aplicarlo a las industrias para conocer el comportamiento y la aplicación de las diferentes metodologías y herramientas.

En lo particular al haber realizado prácticas en Clerprem México me ha permitido desarrollar competencias como:

- Estudio e implementación de Control estadístico de procesos (SPC) en líneas de ensamble.
- Aplicación de la metodología DMAIC como base para controlar o eliminar la variación dentro de los procesos productivos.
- Análisis e interpretación de datos estadísticos para el estudio de capacidad y habilidad de los procesos.
- Implementación de acciones correctivas y preventivas ante problemas de calidad.
- Solución de problemas en equipo.
- Uso y manejo de software estadístico (Minitab ®) para realizar pruebas.

GLOSARIO

Cp:	Capacidad del proceso efectivo total.
Cpk.	Es un indicador de la habilidad del proceso.
PPM	El PPM indica el número de partes no conformes en el proceso expresado en partes por millón.
PP	Evalúa la capacidad general con base en la variación del proceso.
PPK	Es un indicador del desempeño del proceso basado en la variación del proceso a lo largo del conjunto completo de datos.
CPM	Es una medida de la capacidad general del proceso. Considerado al mismo tiempo que tanto se desvían los datos del valor objetivo.
Core Tool	Herramientas usadas en la industria automotriz.
AIAG	Automotive Industry Action Group.
Scrap	Material de desecho debido a defectos de producción

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

COMPANY. (2021, junio 29). Clerprem; Clerprem S.A.P.I Recuperado de <https://www.clerprem.com/>

Clerprem. About Us. Recuperado de

https://www.clerprem.com/about_us/#pll_switcher

C.T. Carroll, Six Sigma for powerful improvement: a green belt DMAIC training system with software tools and a 25-lesson course, Boca Ratón Florida EE. UU.: CharlesTCarroll,2013.

Daimler Chrysler Corporation, Ford Motor Company and General Motors Corporation. (2005). Control Estadístico de Procesos (SPC). Estados Unidos: AIAG

Vinasco I. L.E. (2012). *Control Estadístico De Procesos- (Statistical Process Control)*. Recuperado de

[https://www.cicalidad.com/articulos/Control Estadistico de Procesos%20-%20SPC.pdf](https://www.cicalidad.com/articulos/Control_Estadistico_de_Procesos%20-%20SPC.pdf)

SPC.CONSULTING GROUP. (2024). Análisis de Capacidad Cp/Cpk/PP./Ppk. Recuperado de

<https://spcgroup.com.mx/que-es-cp-y-cpk/>