



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ACATLÁN

“DETERMINACIÓN DE LOS PISTONES QUE DAN PRODUCTOS FUERA DE
ESPECIFICACIONES APLICANDO CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS (CEP)
EN UNA INDUSTRIA ELABORADORA DE TORTILLAS DE HARINA”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD

P R E S E N T A :

CARLOS LÓPEZ GONZÁLEZ

ASESORA: M. EN I. NELLY KARINA JIMÉNEZ GENCHI

NOVIEMBRE, 2010



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

Agradezco a mi madre por todo impulso, apoyo, cariño y comprensión que me ha brindado toda la vida y por sus consejos que en todo momento llevo conmigo.

A mi querida Universidad por darme los medios para poder llegar a este momento, una meta más alcanzada.

A la profesora Nelly Karina por su invaluable apoyo y consejos, al revisar y asesorarme en este proyecto cuando más los requería.

A los Profesores de la Especialidad en Control de Calidad que en todo momento estuvieron dispuestos a apoyarme y a orientarme tanto en el salón de clases así como en la elaboración del presente trabajo.

A mi hermana por ese cariño que a diario me demuestras y ese deseo de querer que yo mejore en todas mis dimensiones.

A mi familia por el ejemplo de superación, por ese deseo de mejora constante, el ímpetu, su amor y comprensión.

INDICE

INTRODUCCIÓN	3
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y METODOLOGIA PARA SU SOLUCION	8
1.1 Definición del producto a trabajar	8
1.1.1 Objetivos que persigue la investigación	14
1.1.2 Preguntas de la investigación	14
1.1.3 Justificación	15
1.1.4 Viabilidad	15
1.1.5 Tipo de investigación	16
1.2 Determinación de la muestra	20
1.3 Cálculo de los limites de control y elaboración del formato de los gráficos de control	21
1.4 Recolección y procesamiento de la información	
2. ANTECEDENTES	
2.1 Proceso de elaboración de la tortilla de harina	23
2.2 Factores que afectan la calidad de la tortilla	26
2.2.1. Efecto del dividido en el peso del producto terminado	29
3. MARCO TEÓRICO	30
3.1 Control estadístico de procesos (CEP)	31
3.2 Las 7 Herramientas básicas de la calidad	32
3.2.1 Graficas de control	37
3.2.2 Pruebas para patrones no aleatorios o anormales	47
3.2.3 Proceso en control estadístico	48
3.2.4 Capacidad de procesos	49
3.2.5 Límites de tolerancia y límites de especificación.	50
3.2.6 Suposiciones que fundamentan un estudio de capacidad de proceso	51
3.2.7. Índice de capacidad de proceso	53

3.3 Etapas del proceso de elaboración de tortillas de harina	54
4. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA INFORMACION	64
4.1 Selección de la divisora	64
4.2 Determinación del pistón critico.	66
4.3 Beneficios económicos	69
CONCLUSIONES	71
BIBLIOGRAFIA	74
Anexo 1. Graficas de análisis de capacidad y control de cada divisora	77
Anexo 2. Gráfico de análisis de capacidad y control de cada pistón de la divisora 8	97
Anexo 3. Plan de acciones correctivas	121

INTRODUCCION

En la actualidad, la necesidad de obtener productos con calidad es uno de los objetivos prioritarios en la industria nacional; la calidad debe ser la necesaria, esto como un factor que ofrece una ventaja para competir en los mercados internacionales.

La eliminación de las barreras comerciales y la apertura de los mercados mundiales gracias al Tratado de Libre Comercio y los convenios internacionales, han obligado a las empresas a ser más eficientes para sobrevivir y desarrollarse, pues no solo se disputa el mercado con las empresas locales, sino que también rivaliza con las internacionales que ofrecen los mismos productos, pero a un costo menor y con mayor calidad.

Algunos de los principales factores que los consumidores toman en cuenta para decidir la compra son: el precio, la calidad, la disponibilidad y el servicio, es la calidad la que realmente marca la diferencia; las empresas que desean mantenerse activas deben optimizar los procesos y recursos, aumentando la calidad del producto sin dejar a un lado la rentabilidad de la empresa logrando así la satisfacción del cliente.

Para llegar a esto se podría sugerir soluciones que en su mayoría implican cambios de tecnología o diseño lo cual causarían una fuerte inversión, principalmente para las pequeñas y medianas empresas ya que sus posibilidades para hacer grandes inversiones son casi nulas.

Pero este no es el primer paso que se debe de tomar, antes de cualquier cambio de tecnología debe asegurarse que los procesos actuales son los óptimos y para lograrlo se cuenta con una herramienta sencilla que es el Control Estadístico de Procesos (CEP) el cual nos permite tomar acciones encaminadas a mejorar los procesos.

El Control Dinámico de Procesos y el Control estático son dos de los elementos más importantes del Control Estadístico de la Calidad en el caso de los procesos ya que son los que se han mostrado más útiles en la práctica.

El Muestreo de Aceptación es la parte correctiva de la calidad en esta se tiene que inspeccionar el producto terminado; por otro lado el CEP es la parte que controla la variabilidad que afecta las características de calidad, previniendo los defectos antes de que estos sucedan, es decir, en la línea de proceso “mientras el producto esta siendo manufacturado” y no después de que ha sido producido.

Al controlar estadísticamente los procesos no se trata de modelar la distribución de los datos reunidos en un proceso sino de controlar el proceso con ayuda de reglas de decisión que localicen las discrepancias o desviaciones apreciables entre los datos observados y las normas y/o especificaciones del proceso con lo que se reducen reprocesos, desperdicios, rechazos, etc. lo cual genera una disminución de costos.

En el proyecto se analizaron, implementaron y evaluaron las herramientas estadísticas que conforman el Control Estadístico de Procesos (CEP) aplicado a una empresa dedicada a la elaboración de tortillas de harina de trigo.

La presente investigación se desarrolla a través de cinco capítulos los cuales se describen brevemente a continuación:

El segundo capítulo Antecedentes consiste en describir las generalidades de la tortilla de harina de trigo y su proceso de elaboración, la problemática de elaborar tortillas de harina fuera de especificaciones, así como la metodología empleada para definir el producto crítico, ofrece una mejor área de oportunidad en función de los volúmenes de la producción y del margen de utilidad por producto a través de Diagramas de Pareto da por resultado a la tortilla de harina como el producto elegido para trabajar ya que aunque no es el producto de mayor costo unitario, es el de mayor producción en la planta. Para definir la variable a controlar se utiliza diagramas de flujo del proceso de elaboración de la tortilla, Lluvia de Ideas, Diagramas de Causa y Efecto y Diagramas de Pareto; A partir de ello se determina el peso como la variable crítica a controlar.

También se determina el tamaño de muestra, los límites de control y se elabora el formato de los Gráficos de Control que utilizaran los operadores, así mismo se realizó un análisis preliminar de la Capacidad de Proceso para establecimiento de condiciones tales como son rangos aceptables de peso, al mismo tiempo se da capacitación del personal sobre CEP directamente involucrado en el control del proceso.

Para determinar el tamaño de muestra se utiliza una hoja de cálculo disponible en la empresa llamado “SamplCa” validada por el Departamento de Investigación y Desarrollo, se ubica en la opción para producción continua. El programa requiere el volumen total de la producción y la precisión requerida.

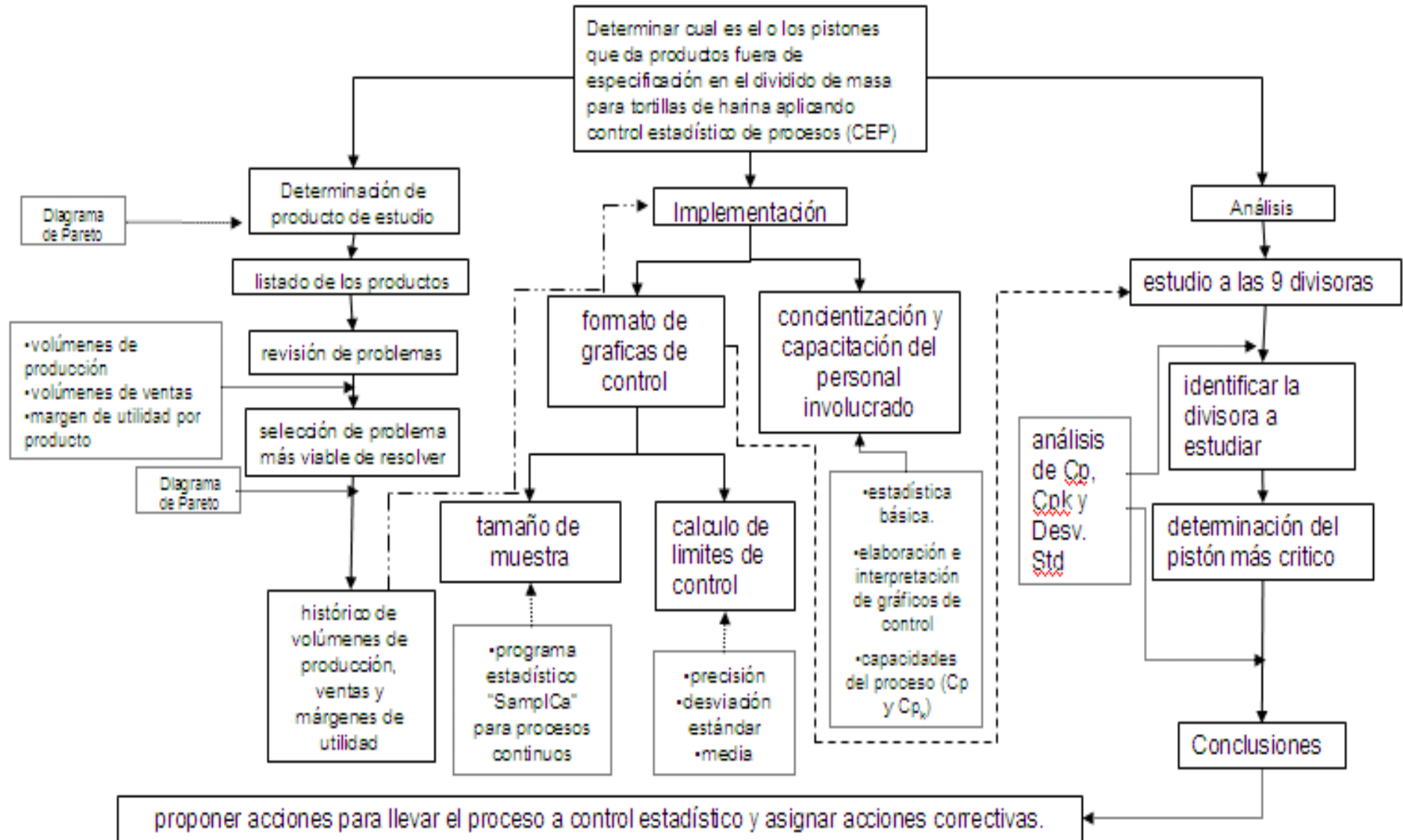
Los Límites de Control se obtienen con ayuda del software estadístico “MINITAB®” a partir de datos históricos de peso.

Una vez determinado el tamaño de muestra y calculados los límites de control, se elabora el formato de las gráficas de control respectivos.

- En el segundo capítulo se explica el proceso de elaboración de tortillas de harina, se revisan los antecedentes desde su definición hasta la explicación etapa por etapa del proceso.
- En el tercer capítulo Marco Teórico de la investigación las 7 herramientas básicas de calidad aplicables en el proceso de producción de tortillas de harina, indispensables para implementar el Control Estadístico de Procesos (CEP) y se describen cada una de las herramientas que nos sirven para la resolución del objetivo general, desde Diagramas de Pareto, Histogramas, Diagramas de Dispersión, Estratificación, Hojas de Verificación, Diagramas de Causa y Efecto, hasta llegar a los Gráficos de Control y los Análisis de Capacidad de Procesos; siendo estos últimos un indicador de qué tan apto es el proceso para cumplir las especificaciones requeridas.

- En el cuarto capítulo se presentan los resultados obtenidos por las herramientas estadísticas en la investigación como los indicadores de C_p , C_{p_k} , desviación estándar y peso promedió del dividido de masa para tortilla.
- En el capítulo 5 se presentan los resultados y proceso en general comparando y cuantificando los beneficios potenciales de tener un control estadístico en el proceso.

Metodología de la investigación



CAPITULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y METODOLOGIA PARA SU RESOLUCION

A través de la mejora en la calidad se busca apoyar el crecimiento en ventas de los diferentes productos que fabrica la empresa así como impactar directamente en la mejora de los indicadores de la planta como son: Índice de calidad, Bajas e Índice de paros por fallas mecánicas (IPFM).

1.1 Definición del producto a trabajar

Se comienza con la determinación del producto a trabajar, utilizando el gráfico de Pareto. Esta herramienta es útil para tener una estratificación y poder así distinguir entre los productos de mayor y menor importancia con base al costo unitario y producción, para determinar cuál de ellos debe ser estudiado. En el periodo de 3 meses (Enero-Marzo 2005), los datos se toman de los informes de operación. Se presenta el gráfico siguiente.

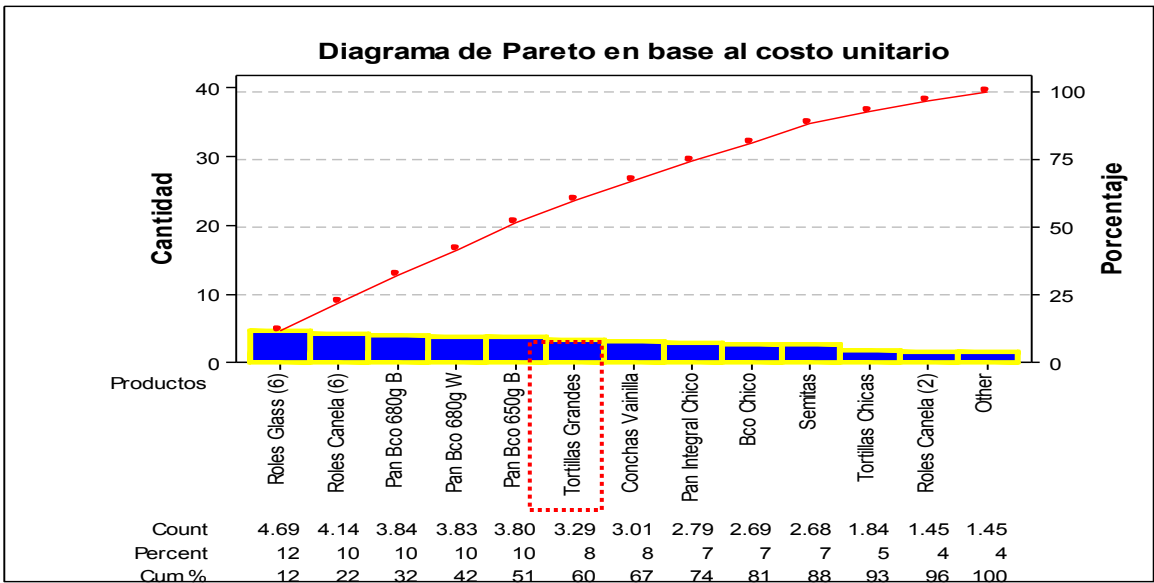


Grafico de Pareto basado en el costo unitario de los productos

Con base en el grafico de Pareto, se decide trabajar con la “TORTILLA CHICA” aunque el costo unitario de producción representa un 5% del costo unitario total de los productos, el volumen de producto que se maneja y el precio del mismo, representa un mayor ingreso y beneficio para la compañía, como puede verse en

la figura siguiente, donde la tortilla es el producto que origina el mayor impacto en la planta ya que representa el 20 % de la producción.

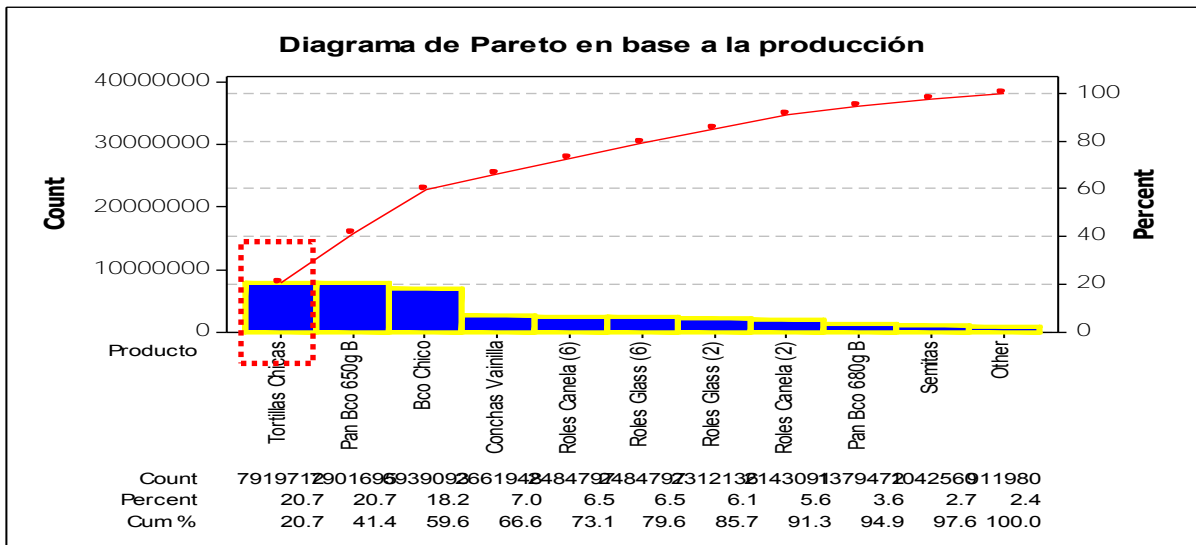
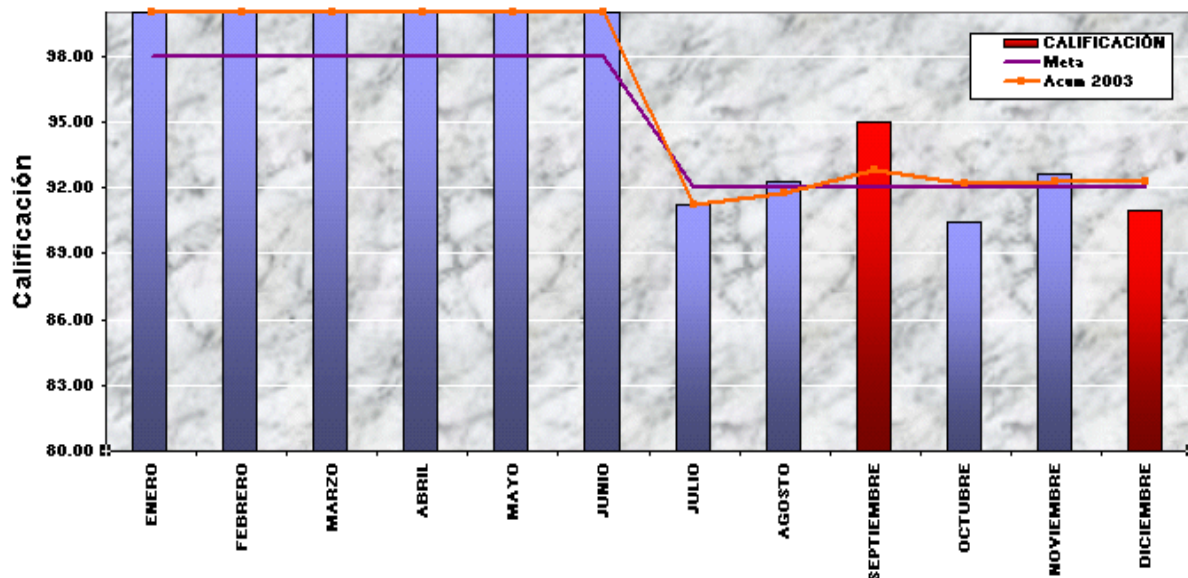


Grafico de Pareto de producción para el año 2005 .

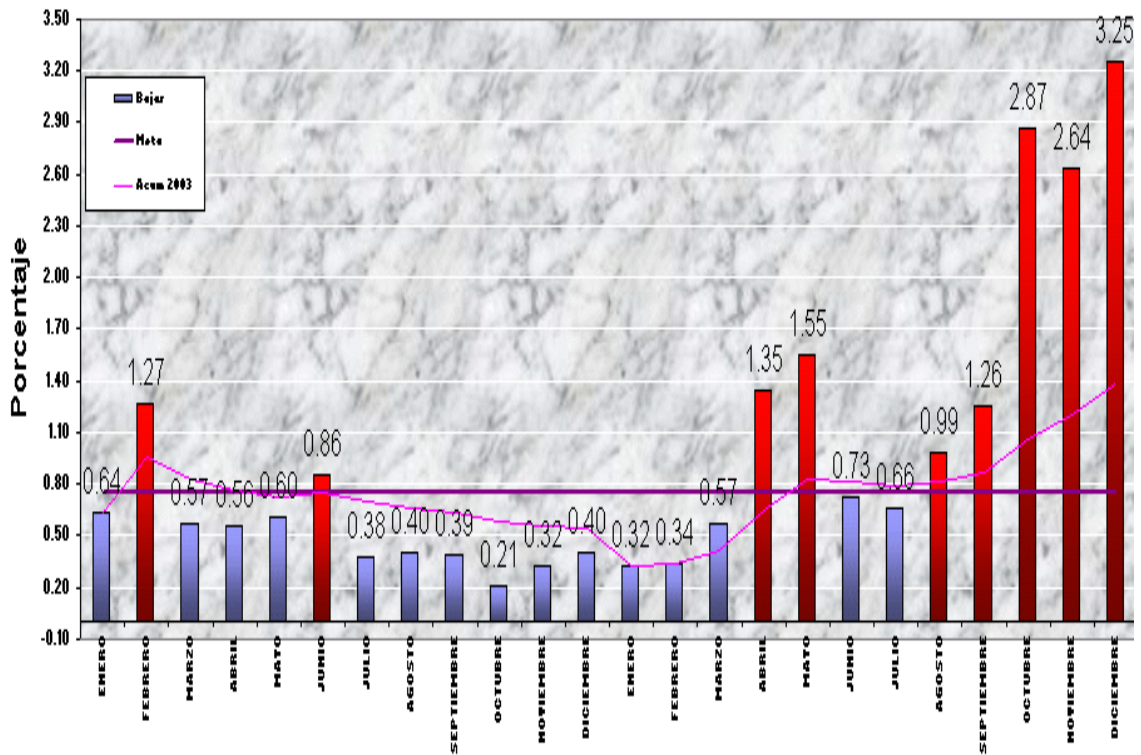
Durante el año 2004 las ventas de Tortilla de Harina no tuvo un incremento, esta situación fue preocupante dada la competitividad que existe en los mercados.

También los indicadores de la empresa durante el 2003 mostraron una tendencia negativa como se muestra en las siguientes gráficas.

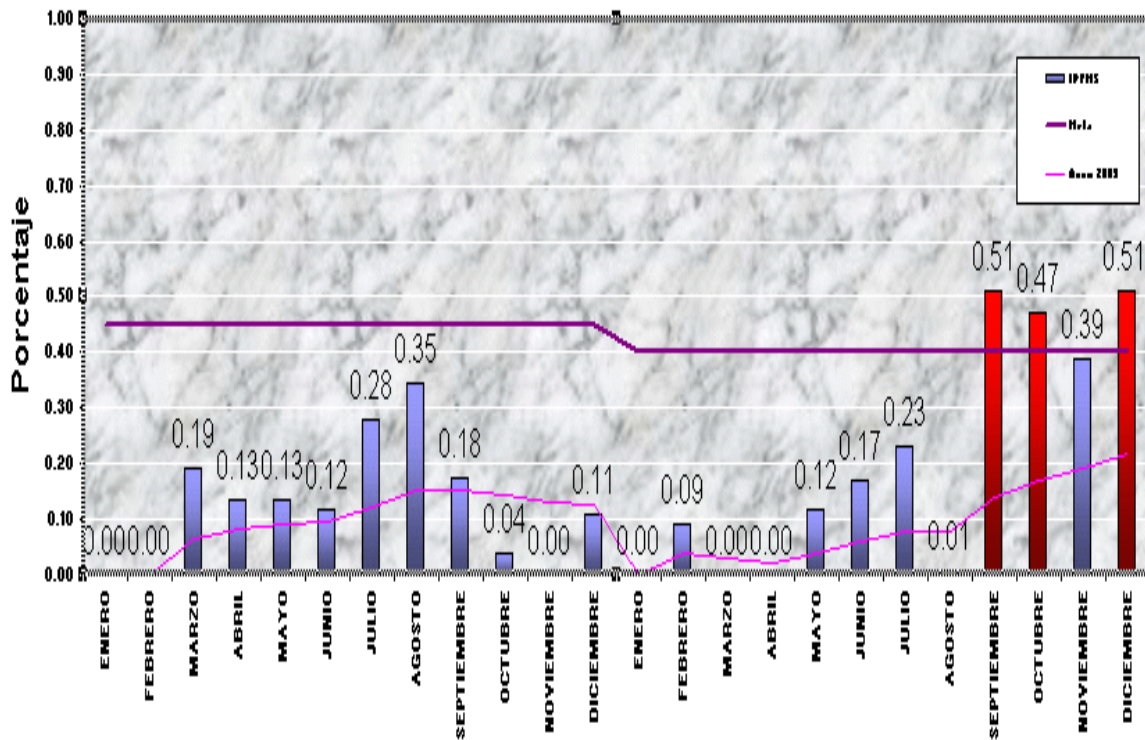
TENDENCIA NEGATIVA EN CALIDAD DE PRODUCTO 2003



TENDENCIA NEGATIVA EN BAJAS DE TORTILLA 2003



TENDENCIA NEGATIVA EN FALLAS MECÁNICAS EN TORTILLAS 2003.



Por los antecedentes mostrados es necesario buscar ganar y mantener a los clientes, a través, de entregarles la mejor opción de tortillas de harina esto es dándoles el peso declarado a un menor costo y con la misma calidad.

La presente investigación pretende apoyar a la planta, para tener una mejora en la exactitud del peso del producto dado relacionado al peso de producto declarado al cliente, con base en los límites especificados, esto es que el producto no rebase el peso del límite superior (lo que proporciona ahorros); así como también busca que el peso de producto no esté por debajo del peso de producto declarado, con el fin de proporcionar al cliente la cantidad de producto por el que está pagando (evitando posibles demandas).

Gracias a la información que se recibió por parte de los clientes internos y externos se detectó la necesidad de mejorar la calidad de la tortilla.

Los problemas principalmente descritos son:

- **Variación de diámetro.**
- **Variación en el peso.**
- **Producto asimétrico.**

En la fabrica la maquinaria para el proceso de dividido de masa para tortilla se efectúa por medio de pistones y si algún pistón falla provoca que se tenga una variación en la cantidad de masa y como el método para la fabricación de tortilla es por presión (prensado) si se tiene un mayor o menor peso la tortilla resulta con un mayor o menor diámetro respectivamente lo que nos llevo a determinar esta etapa de proceso como critica.

Una vez identificada la etapa del proceso donde controlar para poder mejorar el proceso se tiene el problema de que las maquinas son de fabricación alemana y cuando se descomponen las refacciones son costosas con un tiempo de entrega muy largo todo esto al querer la empresa arreglar solo con refacciones originales

en sus equipos, por lo que, es imprescindible identificar cuál o cuáles son los pistones en peores condiciones y que dan productos más alejados de las especificaciones, para ser estos los primeros en sustituirse.

Al tener el proceso de elaboración definido por el diagrama de flujo, se realizó una tormenta de ideas con el personal involucrado (operadores, supervisores de producción, supervisores de mantenimiento y departamento de calidad) con el fin de visualizar los problemas en las áreas de máquinas, masas, enfriamiento, embolsado, quejas, etc. el siguiente diagrama es resultado de la tormenta de ideas.

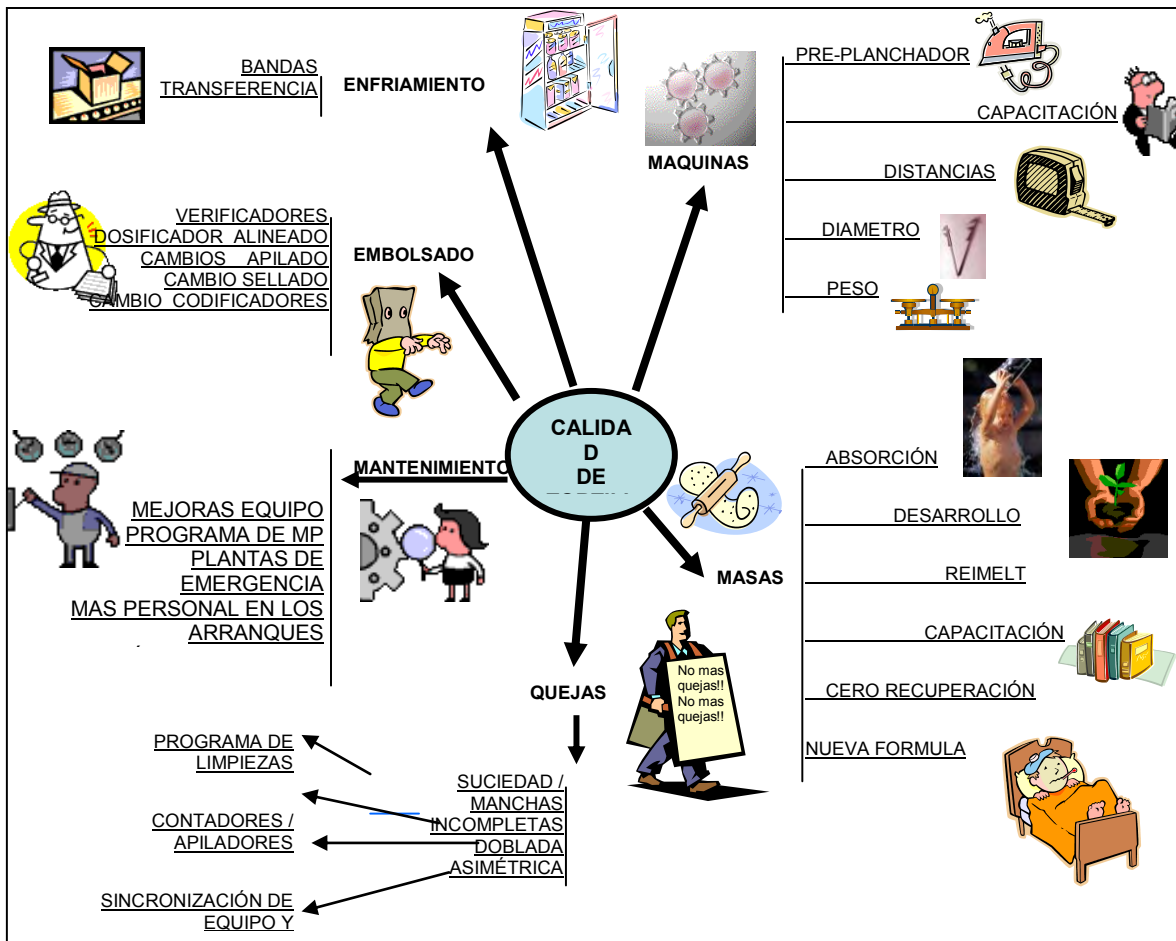


Diagrama resultante de la tormenta de ideas.

La información recopilada en la aplicación de la técnica anterior, presenta la información en forma general y difusa, por lo que se utilizó otra herramienta para

determinar las causas reales del problema; por lo que, nos remite al diagrama de espina de pescado comúnmente llamada diagrama de causa y efecto representado en la siguiente figura donde se facilita la identificación de las posibles causas del problema..

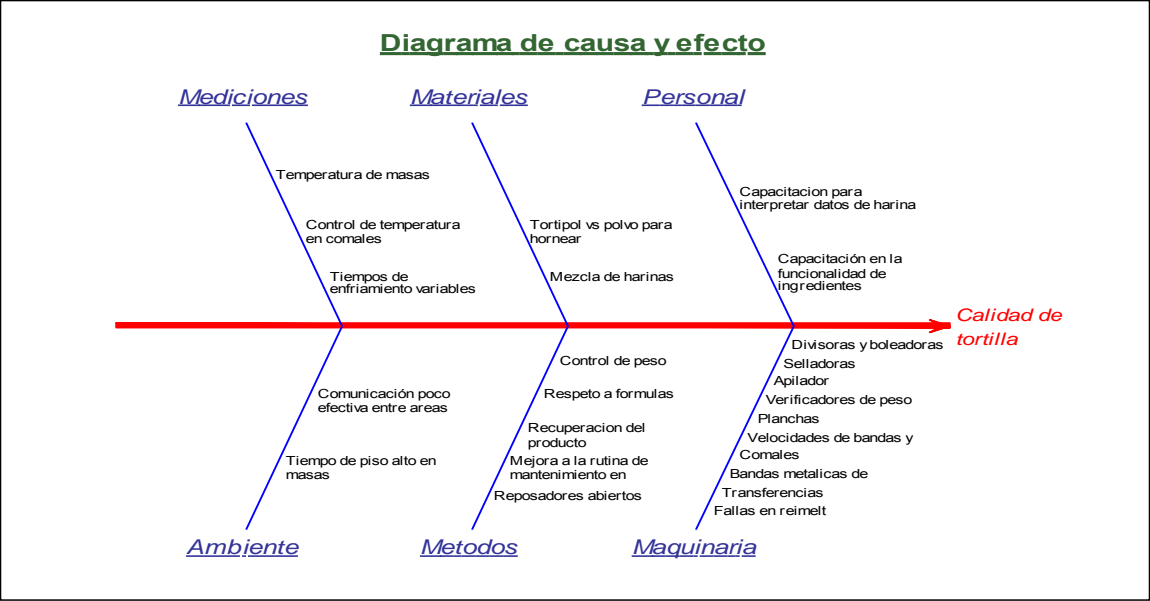
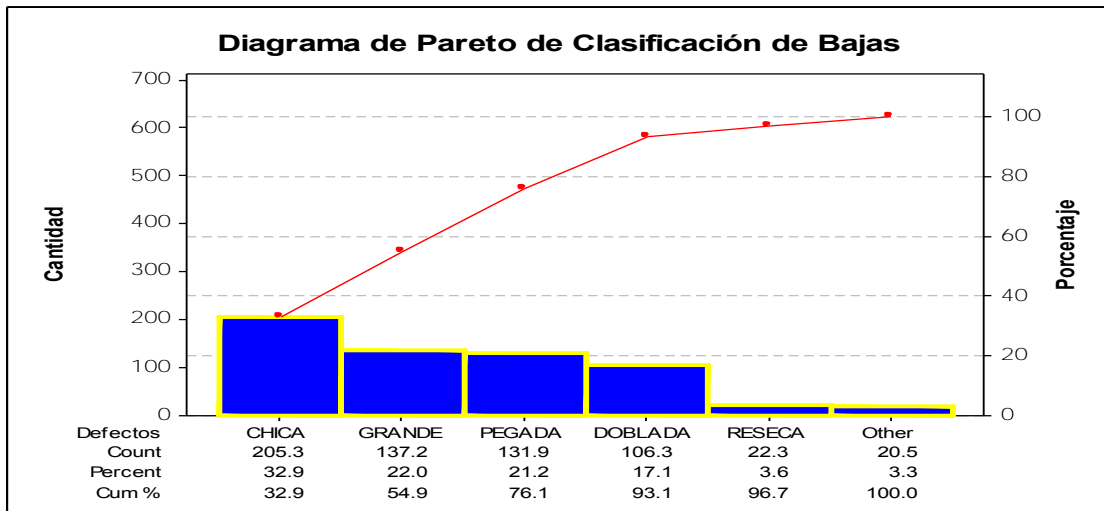


Diagrama de causa y efecto

El diagrama de causa efecto tiene 6 espinas principales: mediciones, materiales, personal, ambiente, métodos y maquinaria. Se decidió trabajar en el control de peso, ya que al hacer un análisis se clasificaron y cuantificaron en el reproceso, las bajas que se provocaba en la línea de tortillas concluyéndose que el tamaño de la tortilla produce el 80 % de las bajas por reproceso, éstos resultados se presentan en la figura siguiente.



Grafica de Pareto de clasificación de bajas

El gráfico de Pareto anterior muestra que el tamaño de la tortilla es la causa de mayor impacto en la calidad con un 54 % (tortilla chica, tortilla grande). El tamaño de la tortilla se relaciona directamente con la etapa de dividido, puesto que como la elaboración es por el método de prensado si se suministra mayor cantidad de masa, el disco o diámetro de la tortilla resulta más grande de lo especificado y viceversa.

1.1.1 Objetivos que persigue la investigación

OBJETIVO GENERAL: Determinar los pistones que dan productos fuera de especificación en el dividido de masa para tortillas de harina aplicando control estadístico de procesos (CEP) con el fin de reducir la variabilidad y el costo por unidad fabricada evitando desperdicios en el proceso y asegurando el peso correcto del producto que se comercializa.

Objetivos Particulares

- Describir el proceso y la problemática de la elaboración de tortillas de harina fuera de especificación.
- Aplicar las herramientas estadísticas en el proceso de elaboración de tortillas

- Analizar los resultados de las herramientas estadísticas utilizadas en la investigación.
- Evaluar el proceso de elaboración de tortillas de harina y cuantificación de los beneficios económicos potenciales.

1.1.2 Preguntas de la investigación

¿El proceso se encuentra bajo control estadístico?

¿Los pistones cumplen con las especificaciones?

¿Se puede predecir el comportamiento del proceso?

¿Cómo se puede cumplir con las especificaciones?

¿Este proyecto tendrá repercusiones económicas?

1.1.3 Justificación

A través de la detección y corrección de las fallas en la maquinaria se mejorara en la calidad de la tortilla se busca apoyar el crecimiento en ventas de los diferentes productos que fabrica la empresa así como impactar directamente en la mejora de los indicadores de nuestra planta como son: Índice de calidad, Bajas, (Índice de paros por fallas mecánicas IPFM), esto se logrará a través de la implementación del control estadístico de procesos (CEP), dando como consecuencia un impacto económico al reducir el peso promedio por paquete suministrado fabricando así mas paquetes por masa elaborada, incrementado la eficiencia del proceso y de los recursos de la empresa.

1.1.4 Viabilidad

El proyecto es viable, en virtud de que la empresa se encuentra interesada en eliminar el problema existente (fallas en la maquinaria así como la consecuente variabilidad en el peso de la tortilla) y ha proporcionado los recursos necesarios para llevarlo a cabo. Este proyecto tendrá como consecuencia la disminución de la cantidad de bajas, y el costo por unidad fabricada evitando desperdicios en el

proceso y asegurando el peso correcto del producto que sale al mercado, cumpliendo así con la norma NOM-002-SCFI-1993.

1.1.5 Tipo de Investigación

La presente investigación es de tipo experimental, porque considera:

Que esta investigación se presenta mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular.

Esta investigación es una situación provocada por nosotros mismos para introducir determinadas variables de estudio (peso) manipuladas por nosotros mismos para controlar el aumento o disminución y su efecto en el producto.

En el experimento, el investigador maneja de manera deliberada la variable experimental y luego observa lo que ocurre en condiciones controladas. La experimentación es la repetición voluntaria de los fenómenos para verificar su hipótesis.

1.1.6 Formulación de Hipótesis y Variables

En el desarrollo de la investigación se comprobarán las Hipótesis

Ho.-Hasta un 30 % de los pistones dan productos con peso fuera de especificaciones

H_A.-Mas del 30 % de los pistones dan productos con peso fuera de especificaciones.

Ho.-Al mejorar el proceso de dividido disminuirá el costo por unidad fabricada.

H_A.-No repercutirá en el costo por unidad fabricada el mejoramiento del proceso de dividido.

Partiendo de las siguientes variables

Variable Independiente

- Control de Peso

Variable Dependiente

- Costo por Unidad Fabricada

Variable Respuesta

- Capacidad de Proceso

1.2 Determinación de la Muestra

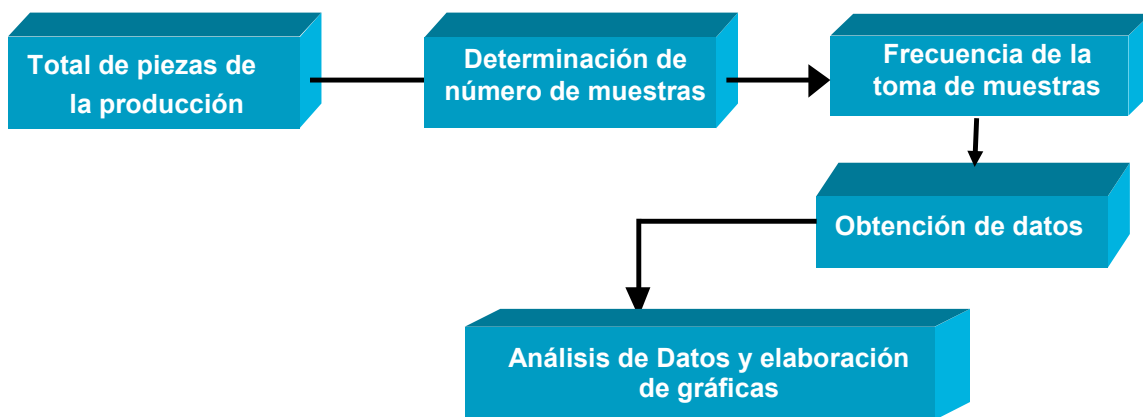
Para conocer el estatus actual del proceso es necesario comenzar con la toma de datos de peso.

El muestreo preliminar permite:

- Determinar la situación actual del proceso.
- Identificar el plan de control a aplicar (Plan de Contramedidas).
- Mejorar el proceso mediante acciones correctivas.
- Evaluar la capacidad del proceso (C_p y C_{pK}) inicial.

El muestreo se realizó continuamente durante todo el desarrollo del proyecto y como una actividad propia de la operación.

Las etapas principales del muestreo se describen a continuación en la siguiente figura.



Principales etapas del muestreo

Para determinar el procedimiento de muestreo es necesario conocer la producción, es decir, el número de piezas, paquetes, etc., por lote o por día de

producción o si el proceso es continuo; la precisión requerida y la desviación estándar del proceso, si este es desconocido, se debe calcular utilizando 1/6 del rango esperado. Para este proyecto se utiliza un programa disponible en las instalaciones de la empresa llamado SamplCa con el cual se determina el tamaño de muestra en función del proceso (continuo o por lote).

Este programa determina el tamaño de muestra de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$n = \left(\frac{zS}{ax} \right)^2$$

Ecuación para la determinación del tamaño de muestra

En donde:

n: Tamaño de la muestra

z: Nivel de confianza deseado (considerar un valor de 1.96, que equivale a un 95% de nivel de confianza)

a: Margen de error (considerar un valor de 0.05 esto en base a las muestras que operativamente es conveniente tomar por hora)

S: Desviación estándar

\bar{x} : Media

x : Muestra observada

\bar{x} es determinada por:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

S es determinada por:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

El tiempo de muestreo se recomienda que sea cada hora hasta obtener el tamaño de muestra calculado.

Ya que se obtiene el tamaño de la muestra y se calculan los Límites de Control, se elabora el formato de las Gráficas de Control respectivos.

Se procede a capacitar al personal operativo en la utilización de las gráficas y en conceptos básicos de estadística, además, se estableció un programa de sensibilización que duró aproximadamente una semana.

Para determinar la cantidad de datos necesarios y representativos que describieran a la población, se consideró a la variable como de tipo continuo, con una confianza del 95 %, calculándose la precisión con base en la producción total de tortillas por día, con la cual se requiere trabajar.

La precisión también es conocida como el error de estimación, la cual equivale a la mitad de la anchura de un intervalo de confianza.

Precisión $\frac{1}{2} (\theta/\text{unidad}) = \frac{1}{2}(\text{min.}/\text{Bolita})$

1 turno = 8 horas = 480 minutos

Anchura del intervalo de confianza = $(480 \text{ min.}/\text{turno})/(14400 \text{ bolitas}/\text{turno})$

= 0.033 min./bolita

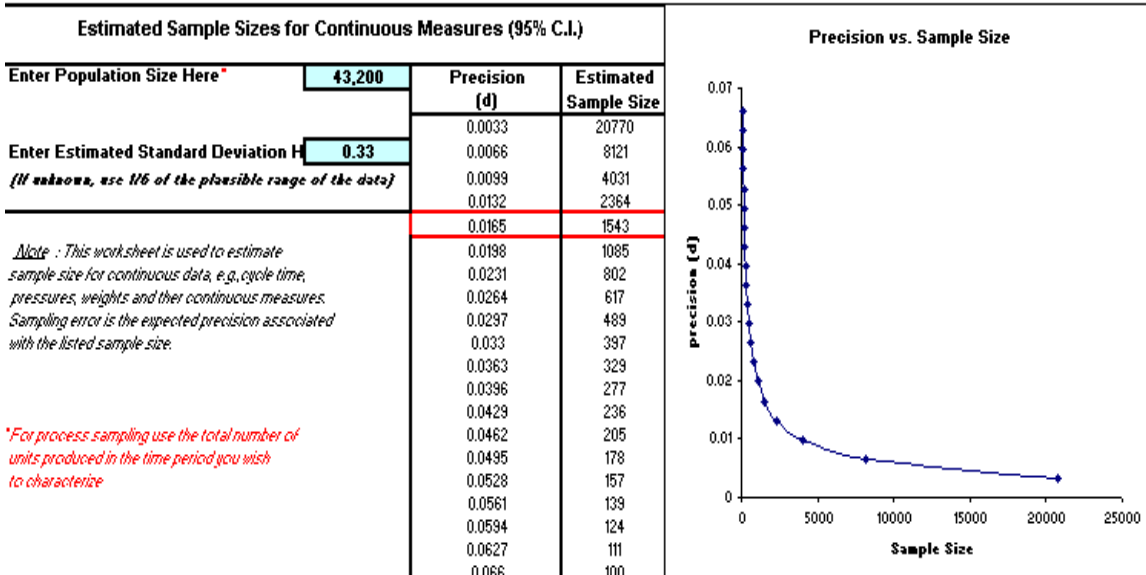
$\frac{1}{2}$ de la anchura del intervalo de confianza = 0.0166 min./bolita

Como no se conoce la desviación estándar se utiliza $1/6$ del rango esperado que en este caso el rango es de 2; entonces queda como $2/6=0.33$.

Se toma de referencia $1/6$ del rango esperado porque se considera que **representa 1σ de la curva normal** en el comportamiento de la mayoría de los procesos.

Tamaño de muestra en base a la precisión y desviación estándar

Producto	SD	Golpes por minuto	Bolitas de masa por día	Precisión	Tamaño de muestra	No de muestras por hora	TAMAÑO DE MUESTRA FINAL
Tortillas	0.33*	30	43200	0.0166	1543	7.14	4



Se utilizó una hoja de cálculo (Excel) disponible en la empresa mostrada en la figura anterior con base en la precisión y a la desviación estándar, en la misma se ingresa el tamaño de la población que en este caso fue de 43200 unidades por día; también se ingresa la desviación estándar del proceso y si se desconoce se ingresa la sexta parte del rango esperado.

Cuando ya se ingresaron los datos se busca en la tabla anterior la precisión requerida en el proceso. El resultado de esta hoja de cálculo nos da el tamaño de la muestra por día de operación; pero para dar formato a la gráfica de control se requiere que se determine el tamaño de muestras por hora de operación.

Aunque en la figura anterior se observa que el tamaño resultante fue de $7.14 \cong 8$ muestras por hora se decidió tomar 10 muestras en un principio para tener más datos y así tener un resultado más confiable estadísticamente.

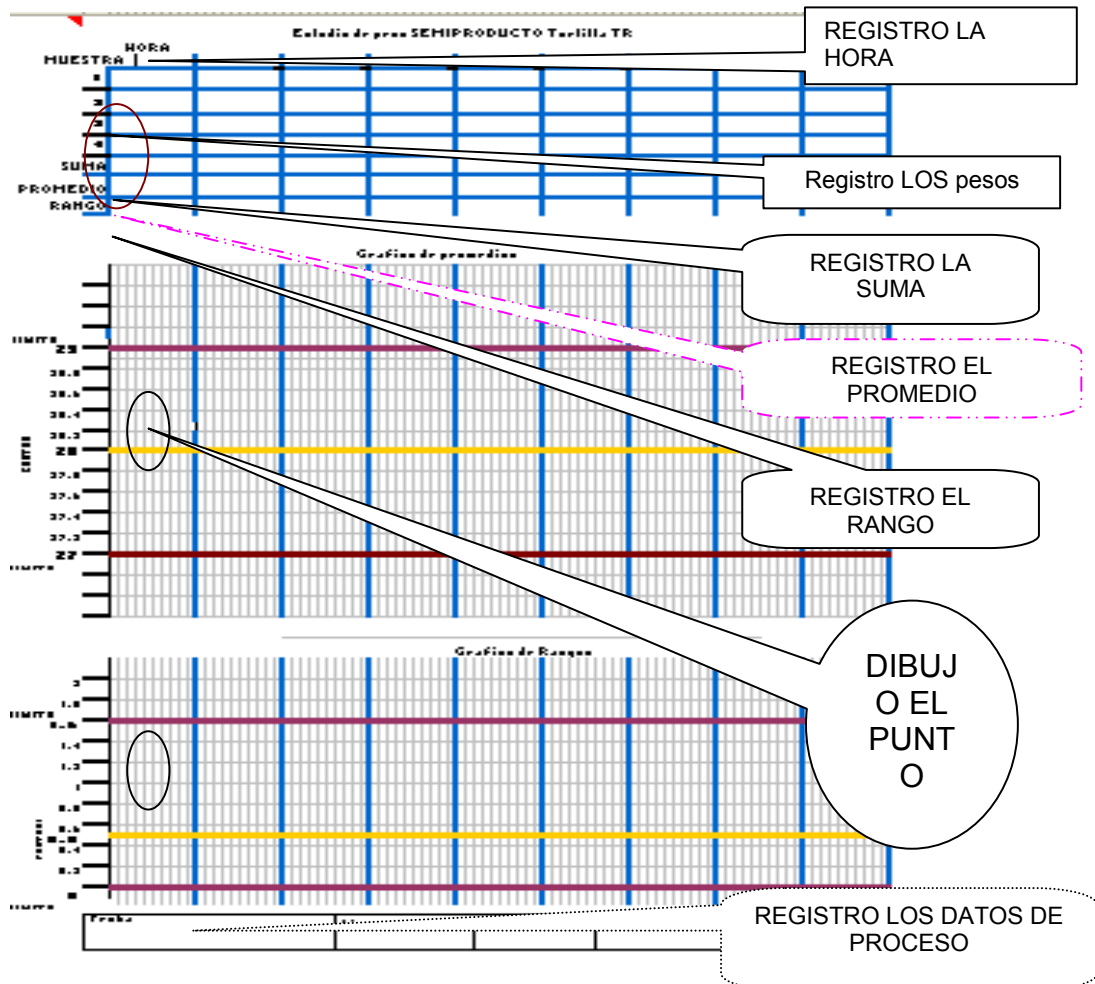
1.3 Cálculo de Límites de Control y elaboración del formato de los gráficos de control.

El formato de gráfica de control que se utilizó se muestra en la figura del formato de gráfica de control utilizada en piso. Donde los límites resultantes fueron los mostrados en el cuadro siguiente. En el anexo 3 se muestra un ejemplo de la gráfica de control llenada por el operador.

Cuadro de Límites de Control.

Gráfica	DE MEDIAS			DE RANGOS		
	LSC	LCC	LIC	LSC	LCC	LIC
Dividido	29	28	27	0	0.5	1.6

1.4 Recolección y procesamiento de la información



Formato de gráfica de control utilizada en piso.

CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES

En este capítulo se describe el mercado actual de la tortilla de harina, su producción nacional y el valor de esa producción, así como su elaboración y procesamiento y los factores que afectan la calidad.

Tortilla es el diminutivo de torta, y se aplica a los alimentos que tienen forma circular aplanada se puede definir como un producto de panificación plano, redondo y sin fermentar que en gran parte de las ocasiones es leudado (acondicionado de la masa) con agentes químicos.

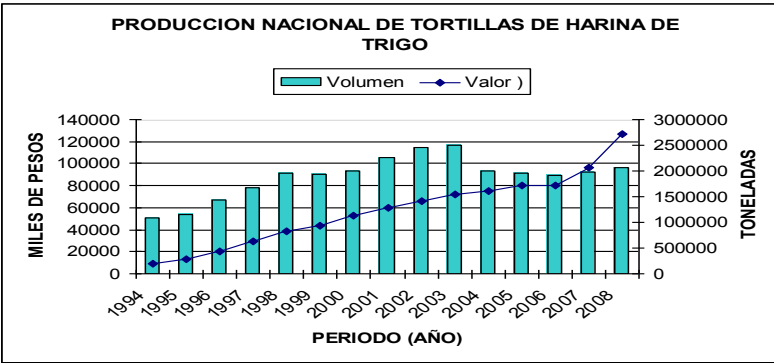
Actualmente es un alimento básico de la cocina tradicional de América Central, México, Puerto Rico y República Dominicana, no solo se pueden fabricar con maíz nixtamalizado sino también con harina de maíz, harina de trigo, harina de trigo integral, harina de maíz violeta; quizás las más internacionales sean las de harina, especialmente por influencia de los omnipresentes restaurantes mexicanos, además de las cadenas de restaurantes de comida rápida que la utilizan como vehículo para producir tacos y productos relacionados.

En todas las ciudades de México es común encontrar este alimento donde se expende durante la mañana y tarde. También se pueden encontrar en supermercados durante todo el año. Las tortillas se consumen a diario en todo México, acompañan a todas las comidas tradicionales. Usándolas se pueden preparar alimentos como: tacos, tostadas, enchiladas, enfrijoladas, entomatadas, quesadillas, sincronizadas, etc. Se preparan tacos enrollando cualquier alimento en el interior. En Estados Unidos la cocina mexicana ha sido difundida y aceptada en gran medida por su versatilidad ya que puede ser acompañado con cualquier alimento¹.

¹ Serna S, *Manufactura y Control de Calidad de productos basados en cereales*, AGT Editor, S.A., México, 2003.

En EE.UU., el mercado de la tortilla empacada es de los segmentos de mayor crecimiento del sector de alimentos en ese país. El valor de mercado ha crecido de \$3,000 millones de dólares anuales en 1994 a \$5,000 millones de dólares en 2001. Los productos son tanto de harina de trigo, como de maíz y tienen más variedades de producto, tamaño y cantidad de las que existen en el mercado mexicano. En cuanto al crecimiento de la población hispana se prevé que, para el año 2010, sea la comunidad extranjera más grande en EE.UU. lo que, aunado al PIB que genera dicha comunidad, calculada en 30 millones de personas y que es igual al PIB generado en México, hace del mercado de la tortilla una línea de negocio con potencial de crecimiento en EE.UU.²

Su producción es importante desde el punto de vista económico puesto que alrededor de este producto intervienen actividades agrícolas y de transformación industrial. Con el paso del tiempo se ha ido colocando cada vez más en el gusto del consumidor sobre todo en el sector urbano. Actualmente se pueden encontrar diversas marcas de este producto, como se observa en la figura referente a la producción nacional de tortillas de harina de trigo. De acuerdo con las estadísticas del INEGI en 1994 , se reportó una producción anual nacional de 50,858 toneladas mientras que en el 2006 hubo una producción anual de 96,090 toneladas teniendo un valor de \$203,215,000 pesos y \$2,709,627,000 pesos respectivamente, por lo que en 14 años se ha tenido un incremento de alrededor 89 %. A partir del 2004 se disminuyó el volumen de producción pero se compenso con el precio.



Producción Nacional de la tortilla en México .³

2 Reporte Anual de grupo BIMBO, S.A. de C.V. 2004. S.A. de C.V, BMV, 2004.

3 INEGI. Encuesta Industrial Mensual

2.1 Proceso de elaboración de la tortilla de harina

La tecnología industrial para la producción de tortillas de harina sigue los mismos pasos utilizados en el proceso tradicional practicado desde principios de siglo XX. Las fórmulas originales para la producción contemplaban solo el uso de manteca animal y sal.

Las recetas industriales de hoy en día emplean manteca vegetal en lugar de animal y otros ingredientes para mejorar la textura y vida de anaquel del producto elaborado. La mayoría de las tortillas producidas a nivel industrial se manufacturan utilizando uno de los siguientes procesos:

- Prensa caliente
- Laminado y corte
- Formado a mano

Las propiedades de la harina, ingredientes y características del producto terminado varían un poco entre los diferentes procesos. A nivel industrial el método de prensa caliente es el más frecuente. Este proceso tiene la propiedad de dar un producto elástico con textura exterior lisa y además de ser más resistente al manejo.

En el cuadro siguiente, se presenta la formulación básica de tortillas de harina, donde se resalta que, al existir tan variados ingredientes con propiedades funcionales diversas, tanto de materiales secos, como grasas y productos líquidos, hace que la transformación de harina de trigo en masa y esta masa a su vez en tortillas sea ya por si solo un proceso bastante complejo.

Formulación básica para elaboración de tortillas de harina.³

Ingredientes	Cantidad (g)	% Acumulado
<i>Harina refinada de trigo</i>	100	57.14
<i>Agua (45 a 50 °C)</i>	48-52	29.71
<i>Manteca vegetal</i>	10-15	8.57
<i>Sal</i>	1.5-2.0	1.14
<i>Leche en polvo</i>	1.0-2.0	1.14
<i>Polvo para hornear</i>	1.5-2.0	1.14
<i>Emulsificantes</i>	0.3-1.0	0.57
<i>Gomas</i>	0.2-0.5	0.29
<i>Agente conservador</i>	0.1-0.2	0.11
<i>Acidulante</i>	0.2-0.3	0.17
<i>Agente reductor</i>	10-20 ppm	1.14 x 10 ⁻⁵

El proceso comienza con el mezclado de los ingredientes secos y la manteca, adicionando posteriormente agua, cuando las partículas de harina se humedecen y posteriormente se amasan, se forma una masa coherente cuyo carácter visco elástico se le atribuye al desarrollo del gluten, producto de las proteínas. La masa así obtenida se divide o bolea (la masa se corta en forma de bola).

Una parte crítica, o cuello de botella en el proceso industrial, es el reposo de las “bolas” de masa antes de ser prensadas en caliente, porque en esta etapa se terminan de hidratar las proteínas de la masa, además de formarse la piel para retener el CO₂.

Las tortillas ya formadas finalmente se hornean en un horno de tres pasos y enfrían en bandas antes de ser envasadas dentro de materiales resistentes a la pérdida de humedad (por ejemplo, polietileno).³

³ Serna S, *Manufactura y Control de Calidad de productos basados en cereales*, AGT Editor, S.A., México, 2003.

En la figura siguiente se muestra un diagrama de bloques del proceso de elaboración de tortillas de harina con las operaciones y sus respectivas condiciones de operación básicas.

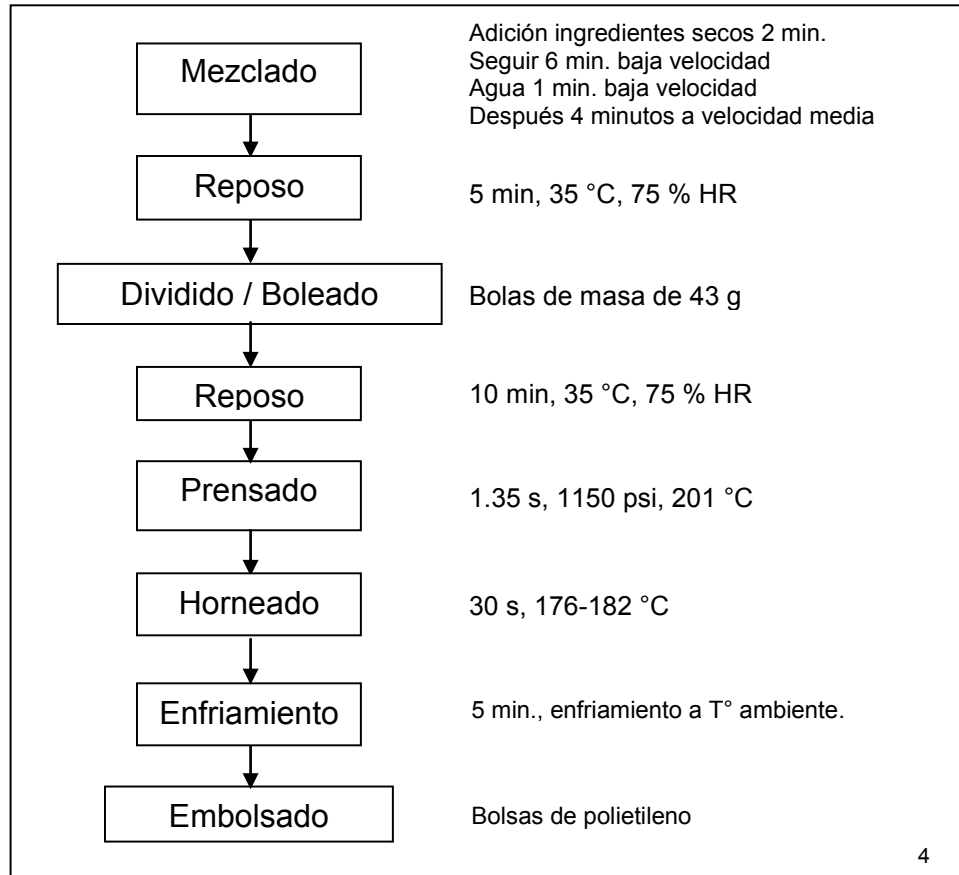


Diagrama de bloques de elaboración de tortilla de harina por el método de prensa caliente

2.2. Factores que afectan la calidad de la tortilla

Durante la fabricación, hay muchos factores que influyen sobre la calidad de la tortilla. Sin embargo, no todos estos factores tienen la misma influencia. Un factor puede influir más sobre el resultado que la suma de todos los demás. Es decir la minoría de las variables son causantes del grueso del desperdicio o los problemas de calidad.

⁴ Kelekci N. N., S. Pascut and R. D. Waniska*, The Effects of Storage Temperature on the Staling of Wheat Flour Tortillas, Journal of Cereal Science 37, 2003.

Los factores más comunes que afectan la calidad durante el proceso de fabricación son:

- **Mediciones:** Temperatura de masas, control de temperatura en comales, tiempos de enfriamiento variables como se explica posteriormente.

El pesado de los ingredientes que tienen gran influencia para la elaboración de la tortilla, un incorrecto pesado puede provocar cambios en las propiedades de la masa.

La etapa de reposo es importante, si no se deja el tiempo suficiente ocurre el encogimiento de la masa después del prensado, en cambio, si es mayor se tiene un sobre reposo y se pierde humedad formando costras por la evaporación del agua en las capas superiores, provocando discos deformes en el prensado.

La medición de la temperatura en el área de comales es de suma importancia se proporciona una mayor temperatura o se tiene un tiempo de residencia mayor al necesario, la tortilla va a perder mayor humedad provocando una disminución de peso en el producto final.

El tiempo de enfriamiento es vital para la vida de anaquel del producto si llega al embolsado con una temperatura alta puede provocar una condensación dentro del empaque y llegar a desarrollar hongos.

- **Materiales:** Aditivos variables en la formulación de la tortilla, mezcla de harinas.
- **Personal:** Capacitación en interpretar datos de características de harina y en la funcionalidad de los ingredientes.
- **Ambiente:** Comunicación poco efectiva entre áreas, tiempo de piso alto en áreas.
- **Métodos:** Control de peso, respeto a fórmulas, recuperación del producto, mejora en la rutina de mantenimiento en reposadores abiertos.

- Maquinaria: Mejora en el mantenimiento de la maquinaria en las diferentes etapas del proceso.
 - Mediciones para controlar, mejorar o verificar la calidad del producto por ejemplo el correcto pesado de los ingredientes que tienen gran influencia para la elaboración de la tortilla, un incorrecto pesado puede provocar cambios en las propiedades de la masa.
 - La etapa de reposo se debe tener en consideración, ya que si no se deja el tiempo suficiente ocurre el encogimiento de la masa después del prensado, en cambio, si es mayor se tiene un sobre reposo y se pierde humedad formando costras por la evaporación del agua en las capas superiores, provocando discos deformes en el prensado.
 - La medición de la temperatura en el área de comales es de importancia ya que si se proporciona una mayor temperatura o tiene un tiempo de residencia mayor al necesario, la tortilla va a perder mayor humedad provocando una disminución de peso en el producto final.
 - El tiempo de enfriamiento es vital para la vida de anaquel del producto si llega al embolsado con una temperatura alta puede provocar una condensación dentro del empaque y llegar a desarrollar hongos.
- **Materiales** el cambio de ingredientes es una de las variables que pueden influir en el proceso, algunos retienen más la humedad que otros, ejemplo: se realizaron pruebas de formulaciones con tortipol comparado contra polvo para hornear y resultado favorable utilizar tortipol porque ayuda a obtener un producto sin resequedad.
 - Son variados los diferentes tipos de harina que llegan a la línea de producción, determinadas por su contenido de proteínas, lo que influye en su velocidad de hidratación, pues las harinas con menor absorción de agua se mezclan más rápidamente para formar la masa que los que tienen mayor absorción.

- **Métodos** el control de peso es importante en la etapa de dividido pues un error en el peso del semiproducto provoca automáticamente afectación en la calidad del producto ya que, al ser elaborada la tortilla por el método de prensa caliente, si se proporciona mayor peso en esta etapa provoca un mayor diámetro en el producto final y viceversa si se proporciona menor peso. También para evitar la variación de peso en el dividido de debe mantener la tolva de alimentación de la masa en un mismo nivel para que la presión sea siempre la misma; además de implementar el CEP con ayuda de balanzas analíticas.
- **Personal**, se tiene que poner atención en la capacitación operativa del personal a cargo para interpretar los datos de las harinas por ejemplo el falling number y así decidir el tiempo que se le da a cada etapa en el mezclado para obtener una masa tersa y extensible, es importante llegar al desarrollo óptimo de la masa pues en caso de no lograrse se tendrán dificultades tanto en el manejo como en la calidad de la tortilla.
- **Medio ambiente** influye la humedad relativa del ambiente, cambios en esta provocara que la tortilla tenga mayor o menor peso.
- **Maquinaria** dependerá mucho la calidad de la tortilla de los pistones parciales de cada divisora, ya que estos al desgastarse llegan a dar grandes variaciones en el peso del semiproducto. El pistón grande con embolo es para el empuje de la masa que se deposita en un cilindro de acero inoxidable; el embolo empuja la masa por un orificio que va en la parte delantera y lleva un pistón pequeño en la parte de la salida que acciona con una guillotina de acero inoxidable para el corte de la misma.



- **Apiladores** tienen gran influencia en el peso de los paquetes de tortillas porque estos pueden llegar a dar hasta 4 unidades de más o de menos provocando así una pérdida para el consumidor o para la empresa.

Para la mejor comprensión de estos factores se utiliza el diagrama de Causa-Efecto (Diagrama de Ishikawa) herramienta bastante útil para clarificar las distintas causas que se piensa pueden afectar a los resultados en un trabajo determinado, señalando mediante flechas la relación causa-efecto.

2.2.1. Efecto del dividido en el peso del producto terminado

Con fundamento en lo antes expuesto, la operación unitaria de dividido es una etapa fundamental en la producción de tortillas, el proceso de fabricación es tan coherente, que si los métodos son correctos, todo él se ajustará a las especificaciones; por lo tanto es preciso su control.

La variación en el peso del semiproducto (dosificación) es directamente proporcional a la variación en el peso de producto terminado este semiproducto aunque, exista variación con pocos gramos, al llegar al embolsado y al apilar en columnas de 10 tortillas, la suma de todas esas variaciones resultan en una variación más considerable. Por ejemplo si se pide que se divida a 28 g. y en la divisora no tiene control en el proceso y por consecuencia el promedio de dividido que tiene el proceso es de 29 g (1 g más que el especificado) al final de la línea, la variación va a ser de 10 g. por paquete de 10 piezas además si el paquete que se embolsa es de 20 piezas la variación será de 20 g.

El dividido tiene también gran influencia en el diámetro de la tortilla en la elaboración por el método de prensado es por presión y a mayor cantidad de masa un mayor diámetro del producto.

Esta variación en el dividido se puede atribuir a diversos factores como son:

- Características de la harina
- Nivel de llenado de la tolva de alimentación hacia los pistones parciales de la divisora
- Limpieza de los pistones
- Mantenimiento de la divisora
- Calibración de la manivela de la divisora

CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se explica el Control Estadístico de Procesos fundamento teórico de la investigación así como las 7 herramientas básicas de la Calidad.

El costo de la ausencia de calidad, perdidas de actividades, falta de valor agregado y el rango de las ineficiencias en la fabricación pueden llegar hasta el 20% de las ventas anuales de la empresa, aunque este dato es aproximado ya que muchos de los datos publicados en los costos de calidad son extensos e incuantificables.¹

Un control efectivo es un requerimiento central para una administración satisfactoria. El control efectivo no debe someterse solamente a la inspección. En la inspección tradicional las actividades eran “las partes defectuosas no pasaban”, ahora en cambio debe ser “hacer las cosas bien a la primera”, poner énfasis en la prevención, de tal forma que una rutina inspectora tan larga y extendida no será necesaria.²

Hacer una inspección de rutina al 100% es la misma cosa que planear para los defectos, dar por hecho que el proceso no puede fabricar los productos correctamente, o que sus especificaciones no están bien diseñadas. La transición de una inspección de producto a un control de proceso no es rápida ni simple, el cambio requiere un estudio y planeación.³

El 85% de todos los problemas de calidad se pueden resolver desde la administración y el 15% restante se puede resolver en piso (en el área operativa). Los métodos estadísticos del control de calidad pueden ayudar a detectar la existencia de problemas en piso los cuales pueden ser identificados y corregidos.⁴

¹ Dale, Plunkett, Quality Costing, 2nd Ed., Chapman & Hall, GB, 1995

² Feigenbaum a. V., Control total de calidad, 3ª edición, Ed. CECSA, 2004.

³ Beauregard, A practical guide to statistical quality improvement, Ed. Van Nostrand Reinhold, NY, 1992.

⁴ Amsden, Butler, Control Estadístico de Procesos Simplificado, Ed. panorama, 1ª ed. 1993.

La disyuntiva es “producir calidad o controlar calidad”. La tendencia de exigir cada vez más pliegos de condiciones a los proveedores con fuertes penalizaciones en casos de incumplimientos, enfrentada a la variabilidad inherente de los procesos, hace que ninguna empresa pueda desconocer la importancia de este tema.

3.1. Control estadístico de procesos (CEP)

“Cuando se puede medir acerca de lo que se está hablando y expresarlo en números, se conoce algo acerca de eso, pero cuando no se puede expresar en números, el conocimiento es insatisfactorio.”⁵

El Control estadístico de procesos (CEP) es un recurso basado en estadística para monitorear, registrar, analizar, evaluar y controlar el proceso. El objetivo es primero alcanzar la estabilidad y después predecir el comportamiento del proceso. Aunque no se sabe si el comportamiento estable del proceso tenga como consecuencia un producto final que tenga un nivel aceptable de variación, pero lo peor sería no iniciar.

Alcanzar la estabilidad del proceso o tener el proceso bajo control, procede de las mejoras en el proceso, el CEP es predictor del futuro basado en experiencias del pasado.

El CEP no es mantener las gráficas de control sobre el comportamiento del proceso. Eso es solo la parte visible, el verdadero poder de CEP viene de responder a las gráficas de control tomando acciones en la información que nos proveen y quien mejor para usar la información que el operador del proceso.

El control se debe hacer por parte de los trabajadores de cada unidad de trabajo, previamente instruidos. Utilizando su experiencia determinaran las variables a

⁵ Amsden, Butler, Control Estadístico de Procesos Simplificado, Ed. panorama, 1ª ed. 1993.

controlar y establecerán los requisitos para las mismas. Habitualmente serán también responsables de recopilar los datos y registrarlos según el procedimiento establecido.

El CEP da al operador la propiedad del proceso, da las herramientas y la formula de validar la información en el comportamiento del proceso y da las directrices de cuando actuar y que hay que hacer.⁶

Una empresa que cuenta con Control Estadístico puede mejorar sus procesos, reducir reprocesos y desperdicios lo que genera una reducción de costos, ya que el C.E.P. involucra más que sólo crear el producto perfecto ya que el proceso opera de acuerdo a su diseño, implica, además asegurar que los procesos internos son llevados apropiadamente, que a el equipo se le dé el mantenimiento adecuado y que los recursos suministrados son los adecuados.

El establecimiento de un control debe tomarse en cuenta siempre que se sospeche que existe una alta probabilidad de mejorar la calidad o ahorrar tiempo y/o dinero; también debe implementarse cuando las consecuencias de no tenerlo tengan serias repercusiones sobre la salud del consumidor.⁷ (MONTGOMERY)

3.2. Las 7 herramientas básicas de la calidad

Existen siete herramientas básicas que proporcionan una amplia gama de armas para poder controlar la calidad; estas herramientas son aplicables por igual tanto a procesos de fabricación como a los orientados al servicio. Algunas de estas herramientas son muy sencillas en cuanto a su uso, pero proporcionan datos de valor incalculable para toma de decisiones relacionadas con la calidad. Como

⁶ Beauregard, A practical guide to statistical quality improvement, Ed. Van Nostrand Reinhold, NY, 1992.

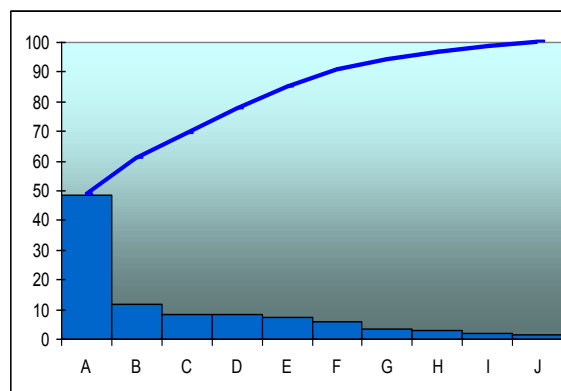
⁷ Montgomery D. Diseño y Análisis de Experimentos. Ed. Iberoamérica. México. 1991.

resultado de su uso, las herramientas proporcionan una base para los procesos de mejora de calidad. Algunas de sus propiedades se enumeran a continuación:

1. Son fáciles de entender y utilizar.
2. Muestran, en hojas de registro, de manera clara y certera todas aquellas observaciones del proceso (maquinaria, personal, medio ambiente y métodos, entre otros).
3. Ayudan a visualizar de manera exacta el comportamiento del proceso (permite conocer la cantidad de variación en el proceso).
4. Permiten detectar todas las posibles causas que generan desperdicios.
5. Retroalimentan inmediatamente al proceso.
6. Canalizan los esfuerzos hacia las causas más importantes de los problemas de producción, logrando la reducción de desperdicios, la disminución de artículos de segunda, disminución del reproceso, incremento de artículos de primera y la detección de defectos del producto.
7. Proporcionan amplia información comparada con el tiempo invertido en su uso.

A. Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto es una gráfica en donde se organizan diversas clasificaciones de datos en orden descendente, de izquierda a derecha por medio de barras sencillas después de haber reunido los datos para calificar las causas. De modo que se pueda asignar un orden de prioridades, como el mostrado en la figura 3.



Ejemplo de un Diagrama de Pareto

Mediante el Diagrama de Pareto se pueden detectar los problemas que tienen más relevancia mediante la aplicación del principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales) dice que hay muchos problemas sin importancia frente a solo unos graves. Por lo general, el 80% del efecto total se originan en el 20% de las causas y viceversa.

B. Histogramas (Distribución de frecuencias)

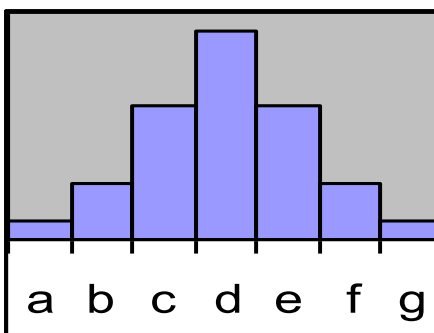
El histograma de la frecuencia es un método gráfico y fácilmente interpretado muy eficaz para resumir datos. El histograma de la frecuencia es una herramienta estadística fundamental del proceso estadístico.

Proporciona la información alrededor:

- el promedio (medio) de los datos
- la variación presente en los datos
- el patrón de la variación

Es la presentación de datos en forma ordenada con el fin de determinar la frecuencia con que algo ocurre, como el mostrado en la figura siguiente.

Esta figura muestra gráficamente la capacidad de un proceso, y si así se desea, la relación que guarda tal proceso con las especificaciones y las normas. También da una idea de la magnitud de la población y muestra las discontinuidades que se producen en los datos.

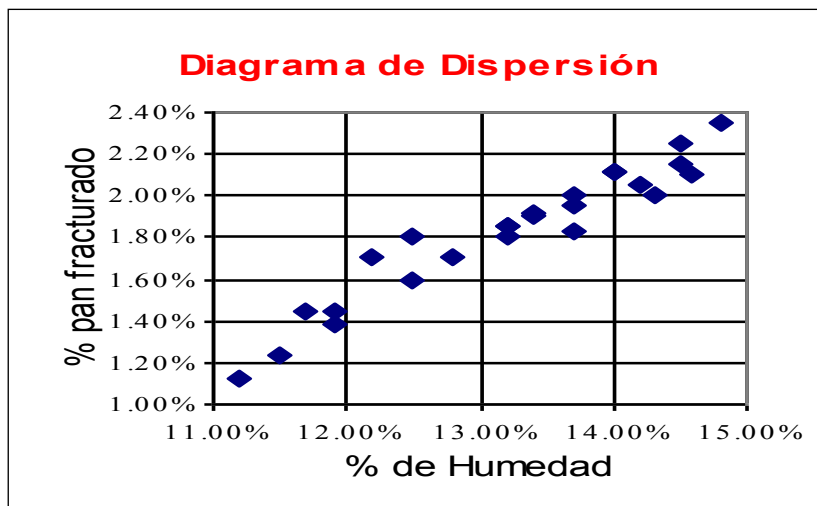


Representación de un histograma

C. Diagrama de Dispersión

Un Diagrama de Dispersión es la forma más sencilla de definir si existe o no una relación causa-efecto entre dos variables y que tan firme es esta relación, como estatura y peso. Una aumenta al mismo tiempo que la otra en una correlación positiva y al revés en una correlación negativa.

El Diagrama de Dispersión, como el mostrado en la figura siguiente, es de gran utilidad para la solución de problemas de la calidad en un proceso y producto, sirve para comprobar que causas (factores) están influyendo o perturbando la dispersión de una característica de calidad o variable del proceso a controlar.



Representación de diagrama de dispersión.

D. Estratificación

Es un método que permite hallar el origen de un problema estudiando por separado cada uno de los componentes de un conjunto. Es la aplicación a esta técnica del principio romano: "divide y vencerás" y del principio de Administración que dice: "Un gran problema no es nunca un problema único, sino la suma de

varios pequeños problemas"⁸ A veces, al analizar por separado las partes del problema, se observa que la causa u origen está en un problema pequeño.

En la Estratificación se clasifican los datos tales como numero de defectuosos, causas, fenómenos, tipos de defectos (críticos, mayores, menores), en una serie de grupos con características similares con el propósito de comprender mejor la situación y encontrar la causa mayor fácilmente, y así analizarla y confirmar su efecto sobre las características de calidad a mejorar o problema a resolver.

E. Hojas de Verificación o Comprobación

Es un formato especial constituido para coleccionar datos fácilmente, en la que todos los artículos o factores necesarios son previamente establecidos y en la que los registros de pruebas, resultados de inspección o resultados de operaciones son fácilmente descritos con marcas utilizadas para verificar. Para propósitos de control de procesos por medio de métodos estadísticos es necesaria la obtención de datos.

El control depende de ellos y, por supuesto, deben ser correctos y coleccionados debidamente. Además de la necesidad de establecer relaciones entre causas y efectos dentro de un proceso de producción, con propósito de controlar la calidad y la productividad de la empresa, las Hojas de Verificación se usan para:

- Verificar o examinar artículos defectivos.
- Examinar o analizar la localización de defectos.
- Verificar las causas de defectivos.
- Verifican y analizan de operaciones (a esta última se le puede llamar lista de verificación).

Las Hojas de Verificación se utilizan con mayor frecuencia para obtener datos y para propósitos de inspección.

⁸ Diccionario estadístico, <http://www.estadistico.com>

F. Diagrama de causa-efecto (Ishikawa)

Existen varias formas de este diagrama pero la más conocida se le conoce también como Diagrama de Espina de Pescado, por su forma, mostrada en la Figura 6; ilustra la relación entre las características (los resultados de un proceso) y aquellas causas que, por razones técnicas, se considere ejercen un efecto sobre el proceso. Casi siempre por cada efecto hay muchas causas que contribuyen a producirlo.

El efecto es la característica de la calidad que es necesario mejorar. Las causas, por lo general, se dividen en las causas principales de métodos de trabajo, materiales, mediciones, personal y entorno. A veces la administración y el mantenimiento forman parte también de las causas principales. A su vez, cada causa principal se subdivide en causas menores. Por ejemplo, bajo el rubro de métodos de trabajo podrían incorporarse la capacitación, el conocimiento, la habilidad, las características físicas, etc.

El uso de este diagrama facilita en forma notable el entendimiento y comprensión del proceso y a su vez elimina la dificultad del control de calidad en el mismo, aun en caso de relaciones demasiado complicadas y promueven el trabajo en grupo, ya que es necesaria la participación de gente involucrada para su elaboración y uso.

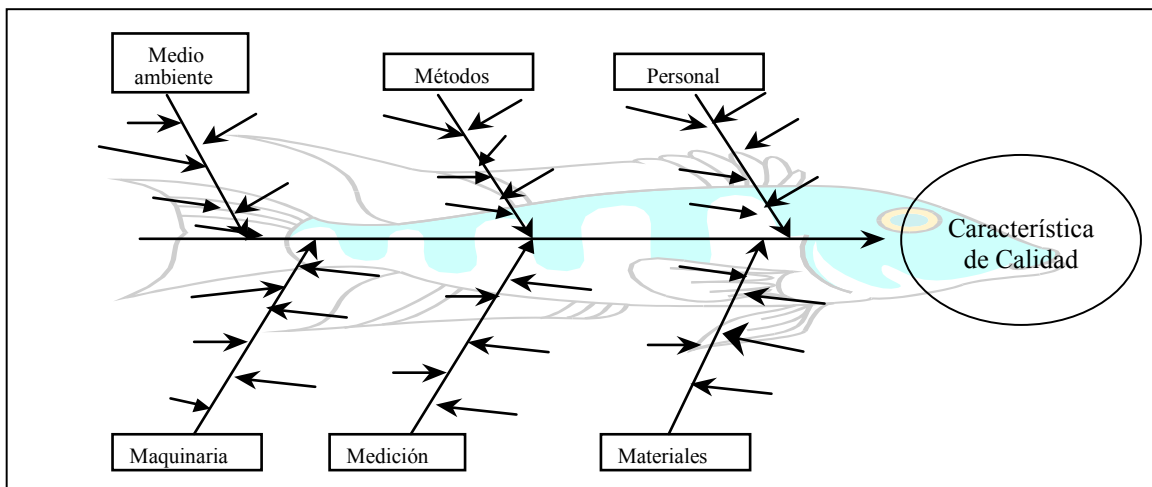


Diagrama de Ishikawa

3.2.1. Gráficas de Control.

La finalidad de controlar un proceso de fabricación es que sólo actúen causas aleatorias de variación y por tanto que este proporcione un producto de acuerdo con los requisitos de calidad, dicho control al ser implantado, refleja generalmente un incremento de la productividad y mejoramiento constante del producto. Un instrumento excelente para ello es la *Gráfica de Control*, por medio de la cual se puede seguir un proceso y describir de forma gráfica las variaciones que experimenta con el tiempo

En una gráfica de control hay una línea central con un límite de control a cada lado. La línea central representa el valor del nivel a que este operando el proceso y en torno al cual se distribuyen las mediciones aleatoriamente. Los límites de control son los valores entre los cuales se tiene en distribución en un determinado porcentaje.

Se puede decir que para que un proceso este bajo control, todos los puntos deben caer dentro de los límites ya sean históricos, nominales o de especificación y deben estar dispersos al azar con respecto a la línea central.

Una causa especial no necesariamente indica un producto defectuoso, como tampoco hace a un sistema de causas comunes indicar su conformidad con las especificaciones, simplemente se ha comprobado la consistencia del proceso, la discusión del modo en el que el producto se ajusta o falla de acuerdo a las especificaciones ¹³.

Objetivos de las gráficas de control

1. Establecer, cambiar especificaciones, o determinar si un proceso dado puede cumplirlas.

¹³ Manual del usuario del software estadístico, FutureSQC®, 2005.

2. Establecer o cambiar los procedimientos de producción. Esto puede ser eliminar las causas que originan la variación, o cambios en los métodos de producción si es que se considera que con los existentes no se pueden cumplir las especificaciones.
3. Establecer o cambiar procedimientos de inspección y aceptación, o ambos. Es decir, proporciona una base para tomar decisiones sobre el proceso como: ¿cuándo dejar al proceso solo?, ¿cuándo investigar las causas de variación o cuando tomar una acción para: permitir eliminar cualquier causa asignable de variación?, permite actuar para mantener dentro de control el proceso o que permita eliminar la dispersión del proceso.
4. Proporcionan una base de decisiones sistemáticas sobre: aceptar o rechazar un producto, reducir costos de inspección y producción, contribuir a familiarizar al personal con el uso de gráficas y a adquirir un compromiso que favorezca la calidad del producto¹⁰.

Establecer una gráfica de control requiere de los siguientes pasos:

1. Elegir la característica que debe graficarse.
2. Elegir el tipo de gráfica de control.
3. Decidir la línea central que debe usarse y la base para calcular los límites. La línea central puede ser el promedio de los datos históricos, o el promedio deseado (por ejemplo un valor estándar). Estos límites por lo general se establecen a +/-3 desviaciones estándar se pueden elegir otros valores con riesgos estadísticos diferentes.
4. Seleccionar el “subgrupo racional”. Cada punto en una gráfica de control representa un subgrupo que consiste de varias unidades de producto. Con el propósito de controlar el proceso, los subgrupos deben elegirse de manera que las

¹⁰ Sandholm L, *Control Total de Calidad*, ed Trillas, México D.F, 1995.

unidades *dentro* del subgrupo tengan la mayor oportunidad de ser similares y las unidades *entre* un subgrupo tengan la mayor oportunidad de ser diferentes.

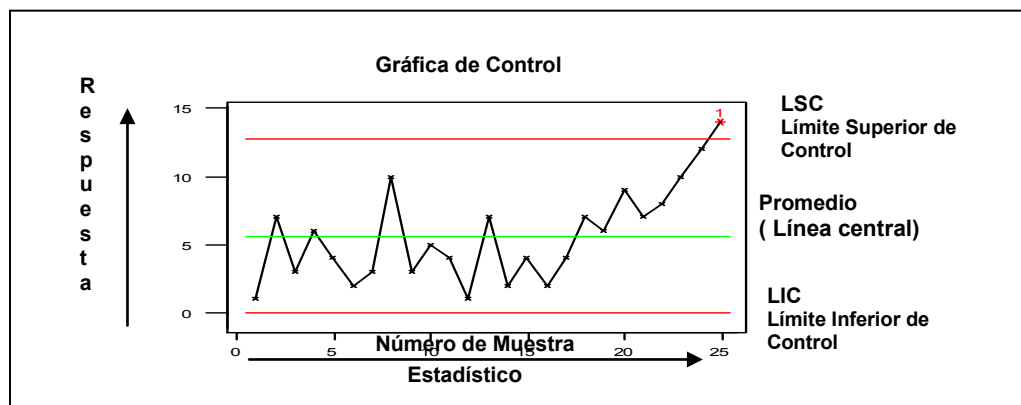
5. Proporcionar un sistema de recolección de datos. Si la Gráfica de Control ha de servir como una herramienta cotidiana en la planta, debe ser sencilla y conveniente en su uso.

6. Calcular los límites de control y proporcionar instrucciones específicas sobre la interpretación de los resultados y las acciones que debe tomar cada persona en producción.

7. Graficar los datos e interpretar los resultados.

Se muestra en la figura 7 la anatomía de una gráfica de control, donde:

- El promedio y los límites de control se calculan a partir de los datos ya sean experimentales o históricos obtenidos a través del tiempo.
- Los datos se grafican en orden secuencial en el tiempo (conforme ocurren). Se trata de detectar los cambios.
- La respuesta tiene la misma unidad de medida que los datos de su proceso.
- Los puntos graficados dependen del tipo de gráfica: de promedios, de rangos, por fracción defectiva, etc.¹⁵



Representación de un gráfico de control.

¹⁵ Juran, Análisis y planeación de la calidad, 3ª Ed. Ed. McGraw Hill, México, 1995.

A. Tipos de Gráficas de Control.

Existen varias Gráficas en función de la variable a observar y del proceso a controlar, es decir, si el proceso depende de una variable o un atributo.

Gráficas de Control por atributos

Gráfica P

Sirve para controlar y analizar la fracción de unidades defectuosas de muestras de tamaño variable. Este tipo de gráficas representa la relación entre el número de artículos defectivos encontrados en una inspección o en una serie de inspecciones y la cantidad de artículos realmente analizados. Consiste en clasificar a un artículo como aceptado o rechazado y se utiliza cuando la muestra de datos tomada no es constante y se representa como porcentaje.

Gráfica nP

Sirve para controlar y analizar la fracción de unidades defectuosas de muestras de tamaño constante. Representa al número de unidades defectuosas, donde los tamaños de las muestras son constantes. Se utiliza cuando „n” es fijo (producción constante en determinado periodo) y se recomienda que las muestras sean suficientemente grandes (50 unidades o mayor) de tal forma que se puedan encontrar una o varias unidades defectuosas.

Gráfica C.

Sirve para controlar y analizar el número de defectos por unidad en muestras de tamaño constante. Representa el número de defectivos por unidad muestreada (puede ser uno o varios artículos), en este caso la n representa una muestra constante. Se emplea cuando se desea cuantificar el número de defectos por unidad de muestreo. Es un gráfico de uso más restringido, debe tenerse cuidado de que el área de oportunidad de ocurrencia de un defecto permanezca constante. Son más útiles que los Gráficos de Control para

proporción de defectuosos, siempre y cuando sea más importante conocer los defectos de un cierto producto que el número de unidades defectuosas, por lo general, cuando los defectos son clasificados por su importancia.

Las formas de cálculo se presentan en el cuadro siguiente del cálculo de límites de control para gráficos por atributos.

Cálculo de Límites de Control para Gráficos por atributos.

$\hat{\Theta}$	LÍMITE	CONOCIDO Θ	ESTIMANDO Θ CON $\hat{\Theta}$
P	LS	$P + 3\sqrt{P(1-P)/n}$	$\bar{p} + 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$
	LC	P	\bar{p}
	LI	$P - 3\sqrt{P(1-P)/n}$	$\bar{p} - 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$
nP	LS	$B + 3B\sqrt{1-B/n}$	$\bar{b} + 3\bar{b}\sqrt{1-\bar{b}/n}$
	LC	B	\bar{b}
	LI	$B - 3B\sqrt{1-B/n}$	$\bar{b} - 3\bar{b}\sqrt{1-\bar{b}/n}$
C	LS	$C + 3\sqrt{C}$	$\bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$
	LC	C	\bar{c}
	LI	$C - 3\sqrt{C}$	$\bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$

Gráfica de Control por variables:

Normalmente una Gráfica de Control por variables se basa en una medida de tendencia central y una medida de dispersión, como medida de tendencia central se puede utilizar ya sea la media aritmética (\bar{X}) o la mediana (el valor medio cuando las cifras se ordenan de acuerdo con su magnitud). Las medidas de dispersión que pueden usarse son la desviación estándar (s) y el rango (R). Se suele trazar en paralelo una gráfica de tendencia central y una gráfica de dispersión. ¹⁶

¹² Sandholm L, Control Total de Calidad, ed Trillas, México D.F, 1995

Las Gráficas de Control de medias y desviación estándar se recomiendan utilizar cuando:

- El tamaño de muestra es moderadamente grande $n > 10$ o 12 (donde el rango pierde eficiencia por no tomar en cuenta valores intermedios).
- El tamaño de muestra es variable.

Su construcción es similar a la carta de medias-rangos, excepto que en lugar de rango R en cada subgrupo se calcula la desviación estándar S.

Gráficas $\bar{X} - R$

Sirven para el control y análisis de la media de una característica y su dispersión es expresada mediante el rango.

Gráficas $\bar{X} - \sigma$.

Sirven para el control y análisis de la media de una característica, su dispersión es expresada mediante la desviación estándar.

Se emplean para mostrar al mismo tiempo los cambios en el valor medio y la dispersión del proceso, lo que la convierte en una herramienta efectiva para revisar diariamente anomalías en un proceso. Indica los cambios de manera dinámica.

- Este par de gráficas se utilizan para monitorear procesos con datos variables. Una para las medias y otra para los rangos.
- Los datos de 2 a 10 piezas consecutivas forman subgrupos o muestras de los cuales se calcula la media y el rango.
- La gráfica \bar{X} se encarga de monitorear los promedios de las muestras del proceso mostrando las tendencias en la media del proceso.

- La gráfica R se encarga de monitorear los rangos de las muestras del proceso mostrando la variabilidad del proceso.

En el cuadro mostrado abajo se presentan algunas recomendaciones para el uso de Gráficos por variables y también en el siguiente cuadro, los cálculos que deben realizarse.

Recomendaciones en el uso de Gráficos de Control por variables.

GRÁFICO DE CONTROL	TIPO DE DISTRIBUCIÓN	TIPO DE PROCESO	FORMA DE CALCULO
para medias	normal (Límites de Control simétricos)	automático	a) conocida μ y $\sigma \Rightarrow A$ b) estimando μ con \bar{x} y σ con $\bar{s}/c_2 \square A_1$ c) estimando μ con \bar{x} y σ con $\bar{R}/d_2 \square A_2$
para desviación estándar	χ^2 (límites no simétricos, generalmente LI= 0)	manual y de excelente calidad (con $n \square 15$)	a) conocida $\sigma \square B_2$ y B_1 b) estimando σ con $\bar{s}/c_2 \square B_4$ y B_3
para rangos	χ^2 (límites no simétricos, generalmente LI= 0)	manual de buena calidad (con $n < 15$) cuantifica dispersión en forma aproximada	a) conocida $\sigma \square D_2$ y D_1 b) estimando $\bar{R}/d_2 \square D_4$ y D_3

Cálculo de Límites de Control para Gráficos por variables.

GRÁFICO	LÍMITES	CONOCIDO Θ	ESTIMANDO Θ CON $\hat{\Theta}$	
MEDIAS	LS	$\Theta + A \sigma$	$\bar{x} + A_1 \bar{s}$	$\bar{x} + A_2 \bar{R}$
	LC	Θ	\bar{x}	\bar{x}
	LI	$\Theta - A \sigma$	$\bar{x} - A_1 \bar{s}$	$\bar{x} - A_2 \bar{R}$
DESVIACIÓN	LS	$B_2 \sigma$	$B_4 \bar{s}$	
	LC	$c_2 \sigma$	\bar{s}	
	LI	$B_1 \sigma$	$B_3 \bar{s}$	
RANGO	LS	$D_2 \sigma$	$D_4 \bar{R}$	
	LC	$d_2 \sigma$	\bar{R}	
	LI	$D_1 \sigma$	$D_3 \bar{R}$	

Si se comparan las gráficas por variables y las Gráficas de Atributos, existen algunas diferencias las cuales se muestran a continuación:

- Las gráficas por variables son más sensibles que las de atributos.
- El tamaño de muestra es menor en las gráficas para variables que en las de Atributos.
- Las Gráficas por gráficos variables muestran el grado de defectos, mientras que las de atributos no lo hacen.
- La gráfica por variables puede considerar una característica mientras que la de atributos puede tener varias características.

Procedimiento para realizar una gráfica de control por variables:

- Identificar la característica crítica a controlar y tamaño de subgrupo ($n = 2$ a 10).
- Decidir cómo y cuándo coleccionar la información de los subgrupos, de tal forma de detectar cambios (procedimiento de muestreo).
- Iniciar la recolección de al menos 25 subgrupos (k).
- Elaborar la gráfica con los datos.
- Analizar las Gráficas de Control.

Terminología

k = número de subgrupos

n = número de muestras en cada subgrupo

\bar{X} = promedio para un subgrupo

$\bar{\bar{X}}$ = promedio de todos los promedios de los subgrupos

R = rango de un subgrupo

\bar{R} = promedio de todos los rangos de los subgrupos ¹⁷

¹³ Sandholm L, Control Total de Calidad, ed Trillas, México D.F, 1995

Cálculos para la gráfica de control ¹⁸

Tabla de factores para cálculo de Límites de Control por variables.

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_k}{k}$$

$$R = X_{\max} - X_{\min}$$

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_k}{k}$$

n	A ₂	D ₃	D ₄
2	1,880	0,000	3,268
3	1,023	0,000	2,574
4	0,729	0,000	2,282
5	0,577	0,000	2,114
6	0,483	0,000	2,004
7	0,419	0,076	1,924
8	0,373	0,136	1,864
9	0,337	0,184	1,816
10	0,308	0,223	1,777

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum (\text{Cada muestra observada} - \bar{x})^2}{\text{Número de la muestra} - 1}}$$

$$\text{LSC } \bar{X} = \bar{\bar{X}} + A_1 \bar{\sigma}$$

$$\text{LIC } \bar{X} = \bar{\bar{X}} - A_1 \bar{\sigma}$$

$$\text{LSC}_R = D_4 \bar{R}$$

$$\text{LIC}_R = D_3 \bar{R}$$

La tabla completa que se utiliza para el cálculo de límites de control por variables, se presenta en el anexo 1.

Una vez determinados los Límites de Control se debe verificar que:

- La gráfica R debe estar bajo control antes de interpretar la gráfica \bar{X} . Los puntos graficados deben:
 - Caer dentro de los límites de control (LC's).
 - Estar aleatoriamente distribuidos alrededor del rango medio (\bar{R}).
- Interpretar la gráfica \bar{x} para puntos que no están aleatoriamente distribuidos.
- La clave consiste en eliminar la variación excesiva antes de tratar de identificar tendencias en los promedios de los subgrupos del proceso.

¹⁸ Kenett, Estadística Industrial Moderna, Ed Thomson, México, 2000

3.2.2. Pruebas para patrones no aleatorios o anormales (análisis de Gráficos de Control)

Se considera que un proceso puede estar fuera de control cuando en las gráficas de control correspondiente:

1. Existen puntos fuera de los Límites de Control.
2. Existen 7 puntos consecutivos a un mismo lado de la línea central.
3. Existen 7 puntos consecutivos ascendiendo o descendiendo.
4. Existen 7 puntos consecutivos alternando ascensos y descensos.
5. Existen 2 de 3 puntos consecutivos demasiado cerca de uno de los Límites de Control (inferior o superior).
6. El 75% de los datos se encuentra alrededor de la línea central de control.
7. Uno de los puntos se encuentra extremadamente cerca de los Límites de Control (casi tocándolo).

Se recomienda, para analizar estas consideraciones, separar los Límites de Control en tercios, tal como se muestra en la figura 8. Los límites de análisis pueden determinarse de dos maneras:

- Tomando como base la tendencia central y la dispersión del proceso. Esta información ya se conoce o se obtiene de los primeros 20 subgrupos aproximadamente.
- Tomando como base los límites de tolerancia, siempre y cuando la dispersión del proceso sea pequeña comparada con la tolerancia.

En las Gráficas *R*, generalmente se nombra a los tercios “zonas”.¹⁸

¹⁴ Kenett, Estadística Industrial Moderna, Ed Thomson, México, 2000

En las Gráficas σ , estas zonas son intervalos 1-sigma.

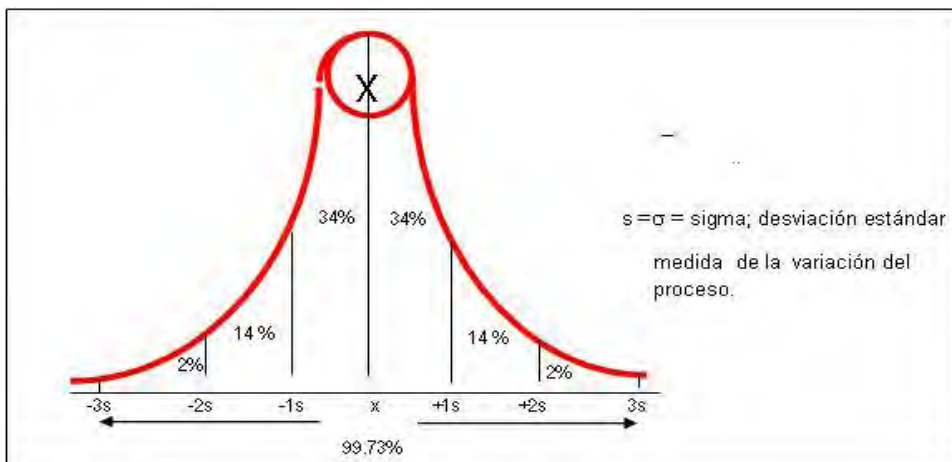


División de gráfica de control para análisis de patrones aleatorios o anormales.

3.2.3 Proceso bajocontrol estadístico

La distribución de la mayoría de las características medidas tiene una curva en forma de campana o normal, como la mostrada en la figura siguiente, si no hay causas especiales presentes, que alteren la normalidad.

Se han elegido los límites de $3\text{-}\sigma$, porque la experiencia ha demostrado es el más útil y económico para la aplicación de los Límites de Control, puesto que la mayor parte de los valores se encuentran dentro del rango de ± 3 sigma (99.73%).



Gráfica de la distribución del proceso

3.2.4 Capacidad de procesos

Una vez que se ha determinado que el proceso u operación es estable (bajo control estadístico y que se comporta de acuerdo a la distribución normal), debe evaluarse la capacidad.

El presente análisis tiene como finalidad estudiar el uso de las Gráficas de Control y otras técnicas estadísticas para determinar cuándo dicho proceso será capaz de cumplir las especificaciones del producto. Por lo tanto, se trata de determinar si una máquina o proceso es capaz de producir según las especificaciones determinadas, se utilizan herramientas estadísticas como Histogramas, Gráficas de control, etc.

El Estudio de la Capacidad es una forma de comparación entre la variabilidad permitida en el diseño del producto y la variabilidad obtenida en la fabricación del mismo. La variabilidad permitida en el diseño se refleja en las especificaciones del producto. La variabilidad obtenida en la fabricación se determina con el estudio estadístico del producto fabricado.

Este Análisis es una técnica que tiene aplicación en el ciclo de producción, incluyendo el diseño del producto y del proceso, la búsqueda de proveedores, la planificación de la producción o la fabricación y la manufactura misma.

El Análisis de Capacidad se puede definir como un estudio de ingeniería orientado a estimar la aptitud del proceso mediante técnicas estadísticas para cuantificar la variabilidad con relación a los requisitos o especificaciones del producto, o incluso para y la manufactura, eliminando o reduciendo en gran medida esta variabilidad. Su objetivo es tratar de analizar hasta qué punto pueden resultar conforme al proyecto los artículos producidos mediante un proceso.

Puede establecerse al iniciarse el proyecto mediante un estudio preliminar o piloto, o vigilando de forma continua durante la producción.

Siempre que sea válida la asunción de distribución normal de probabilidades, el 99.73 % de las mediciones de las características del producto se hallaran dentro del intervalo $\bar{X} \pm 3\sigma$, cuyo ancho es 6σ . Y dado que la distribución normal es válida para la mayoría de los procesos y que el 99.73 % es casi el total, se utiliza este intervalo, de seis desviaciones estándar de la distribución de las características de calidad, como intervalo de variación natural que caracteriza la capacidad de proceso.

3.2.5. Límites de tolerancia y límites de especificación

Una vez que el proceso está bajo control se puede realizar un estudio de capacidad reuniendo los datos necesarios relativos a la característica de calidad en análisis para al menos 50 observaciones (aunque es usual tomar 100 o más), se calcula la \bar{X} y S de dichos datos. El *intervalo de tolerancia natural (estimado)* será $\bar{X} \pm 3S$ (correspondiente a la estimación del intervalo de tolerancia teórico $\bar{X} \pm 3\sigma$) siendo sus extremos los *límites de tolerancia natural*. El intervalo indica entre otras cosas que la fracción de producción que se encuentre fuera del mismo será considerada como defectuosa.

Otro concepto distinto es el de los límites de especificación. En la fabricación de cualquier producto existen etapas de gran importancia como el diseño, la producción y la inspección. Las especificaciones suelen establecerse en la fase del proyecto. Durante la producción se hace un esfuerzo por asemejarlas y la inspección del proceso es necesaria para evaluar hasta que punto es conforme la producción con las especificaciones. Pero la base para designar los límites se halla en la función deseada del producto.¹⁵

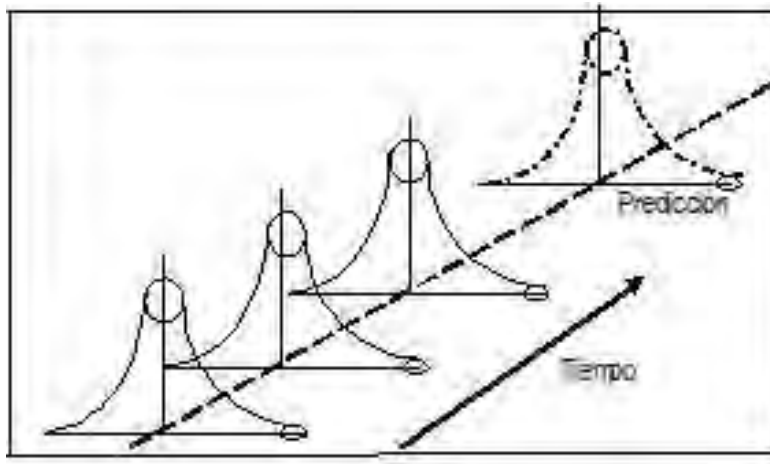
¹⁵ Pérez C, Control Estadístico de la Calidad (Teoría. Práctica y aplicaciones informáticas SAS, STATGRAPHICS, MINITAB, SPSS), Ed Ra-ma, Madrid España, 1999.

3.2.6 Suposiciones que fundamentan un estudio de capacidad de proceso

Las interpretaciones de los índices de capacidad tales como C_p y C_{pk} se apoyan sobre la base de varias suposiciones:

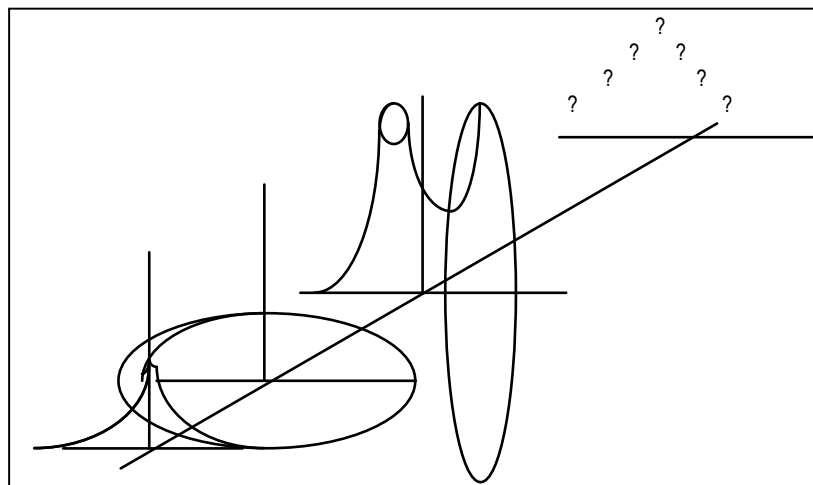
1. El proceso se encuentra en un estado de control estadístico

Si las variaciones presentes en el proceso son constantes a través del tiempo, se dice que se tiene un proceso “estable”. La distribución será “predecible”, como se presenta en la figura siguiente.



Gráfica de proceso bajo control estadístico.

En casos especiales como los presentados en la figura siguiente, donde las variaciones presentes son totalmente inesperadas, es un proceso inestable o “impredecible”.



Gráfica de proceso fuera de control estadístico.

2. Se recolectan suficientes datos durante el estudio de capacidad para minimizar el error de muestreo para los índices de capacidad. Al menos los datos se deben de componer de 100 valores, entonces deben de calcularse los límites de confianza inferiores.
3. Los datos se recolectan durante un periodo suficientemente largo para asegurar que las condiciones del proceso presentes durante el estudio sean constantes y los datos representativos de las condiciones actuales y futuras.
4. El parámetro analizado en el estudio sigue una distribución de probabilidad normal. De otra manera, los porcentajes de los productos asociados con los valores C_p y C_{p_k} son incorrectos.

En el mundo real, las suposiciones nunca se cumplen por completo; pero se recomienda que estas no se tomen a la ligera.

3.2.7. Índice de capacidad de proceso

La capacidad de un proceso puede expresarse con un número, al cual se hará referencia como ***índice de capacidad***. Esta es una forma práctica de hablar de capacidad para cualquier proceso o máquina, cualesquiera que sean los productos o procesos. Este número se obtiene comparando la dispersión del proceso contra el rango de especificación y se expresa en términos de desviación estándar.

A su vez estos índices de capacidad del proceso se dividen en 2: C_p y C_{p_k}

- El C_p es un estudio del potencial del proceso. En éste se obtiene una estimación de lo que puede hacer un proceso bajo ciertas condiciones, es decir, la variabilidad en condiciones definidas a corto plazo para un proceso en estado de control estadístico.

- El Cp_k , en cambio, es un estudio del desempeño del proceso; una estimación de la habilidad del proceso proporciona un panorama de lo que el proceso está haciendo durante un periodo largo. También supone un estado de control estadístico. (Juran, 1995)

$$Cp = \frac{LIMITE SUPERIOR DE ESPECIFICACION - LIMITE INFERIOR DE ESPECIFICACION}{6 VECES DESVIACIÓN ESTANDAR}$$

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

El valor de Cp indica:

- Una capacidad mayor o igual a uno significa que el proceso, producto, etc., es capaz de cumplir con la especificación o condiciones impuestas.
- Una capacidad menor a uno significa que el proceso tiene dificultades para cumplir con la especificación.
- De acuerdo a la ecuación anterior, para tener capacidades mayor o igual a uno, el valor de la desviación estándar deberá ser pequeño.

$$Cp_k = \frac{Límite Superior de Especificación - Promedio}{3 veces desviación estándar} = \frac{LSE - \bar{x}}{3\sigma}$$

La ecuación se emplea cuando sólo existe el límite superior (unilateral).

$$Cp_k = \frac{Promedio - Límite Inferior de Especificación}{3 veces desviación estándar} = \frac{\bar{x} - LIE}{3\sigma}$$

La ecuación se emplea cuando sólo existe el límite inferior (unilateral).

✕ De los valores que se obtengan se toma en cuenta el que resulte más bajo.

En la actualidad la mayoría de las empresas manufactureras consideran a un proveedor, producto, proceso, etc., confiable si el valor de Cp_k es mayor o igual a 1 con los límites de $\pm 3\sigma$.

Una vez que se tomó la decisión, se conformó un equipo de trabajo integrando todas las áreas de la planta, para identificar todos los sectores que intervienen, los insumos que se utilizan y las transformaciones a que dan lugar las diferentes operaciones hasta obtener el producto deseado. La información recabada se utilizó para elaborar un diagrama de flujo el cual permite dominar el entorno del problema y centrar la atención en los distintos aspectos y etapas de atención.

3.3. Etapas del proceso de elaboración de tortilla de harina

El diagrama de flujo de elaboración de tortillas de harina se presenta en la figura siguiente, y se compone de varias etapas, las que se describen a continuación.

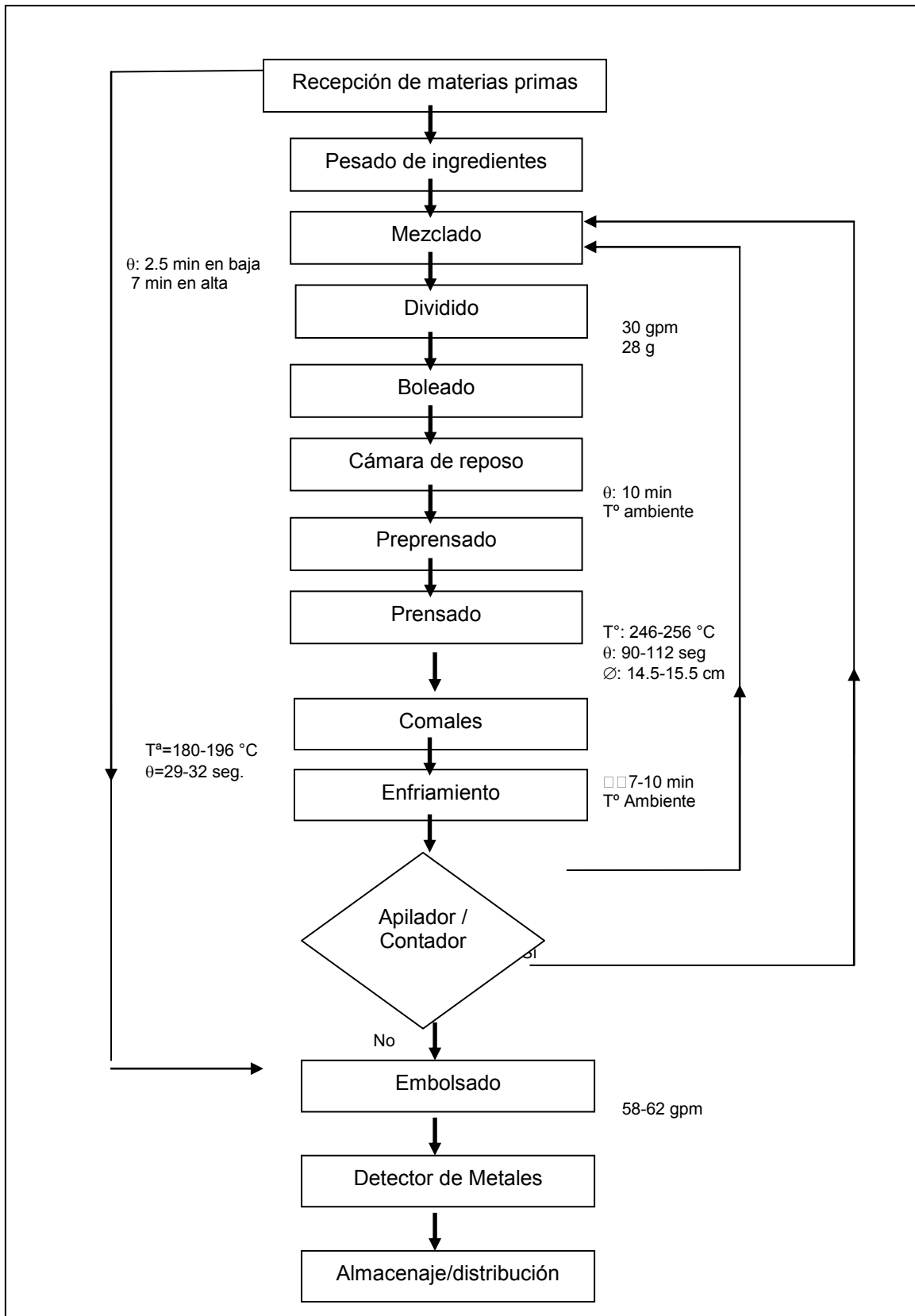


Diagrama de flujo de elaboración de tortillas.

Fuente: Elaboración propia

Recepción de materia prima: Se realizan algunas pruebas rápidas de calidad a la materia prima conforme a las normas de calidad internas, como análisis granulométrico, humedad, cenizas. Las bolsas de polietileno utilizadas para el empaque, no se les realiza ninguna prueba, van directamente a producto terminado.

Pesado de ingredientes: Se realiza con balanzas digitales de acuerdo a la formulación, esto es importante para la elaboración de la tortilla, un incorrecto pesado de ingredientes puede provocar cambios en las propiedades de la masa. En la figura siguiente, se presenta un ejemplo de la forma en que la masa es pesada.



Ejemplo de material pesado.

Mezclado: Tiene la finalidad de incorporar los ingredientes secos con el agua y/o desarrollar las propiedades físicas de la harina para formar una masa, el tiempo de mezclado de una masa determina su desarrollo; se realiza en dos etapas; a la primera se le denomina mezclado de baja velocidad con un tiempo de 2.5 minutos para la correcta incorporación de los ingredientes, al mismo tiempo se va adicionando agua a temperatura de 20 °C; la segunda recibe el nombre de mezclado de alta velocidad en un tiempo de 7 minutos con la finalidad de uniformar la dispersión de los ingredientes y ayudar a desarrollar el gluten (dar el

trabajo), al terminar esta etapa la masa obtenida es tersa y extensible; estas características se atribuyen a las proteínas del gluten: glutenina y gliadina.

El mezclado tiene por objeto conseguir una masa que salga en su condición más Seca, con la absorción correcta (save) y con la consistencia apropiada para maquinarse (fexible).

Para conseguir esto es importante llegar al desarrollo óptimo de la masa, en caso de no lograrse se tendrán dificultades tanto en el manejo como en la calidad de la tortilla.

Los tiempos de amasado para el desarrollo óptimo de una masa varían en función de la velocidad de hidratación de la harina, determinada a su vez por el contenido de proteína; las harinas con menor absorción de agua se mezclan más rápidamente que las que tienen mayor absorción. En la figura siguiente se presenta un ejemplo de una mezcladora.



Mezcladora de ingredientes.

Dividido: Se entiende por dividido el corte de la masa para dar un peso adecuado en la elaboración de la tortilla; la masa que se saca de la mezcladora, se transporta hasta una tolva de alimentación, esta masa fluye hacia la cámara de presión de la divisora, las cuchillas cortan la masa en piezas de peso “constante”. Un pistón empuja las piezas de masa hacia afuera.

El peso del dividido debe ser alrededor del 12 % mayor que el peso del producto terminado. En la figura siguiente se presenta una divisora.



Divisora de masa.

Boleado: La finalidad es que la bolita sea sellada (deshidratar la superficie de la bolita para evitar una excesiva perdida de humedad) al girar sobre la superficie, además de formar una pieza adecuada para las siguientes etapas (circular y homogénea). En la figura siguiente se presenta un ejemplo de la boleadora.



Boleadora de masa.

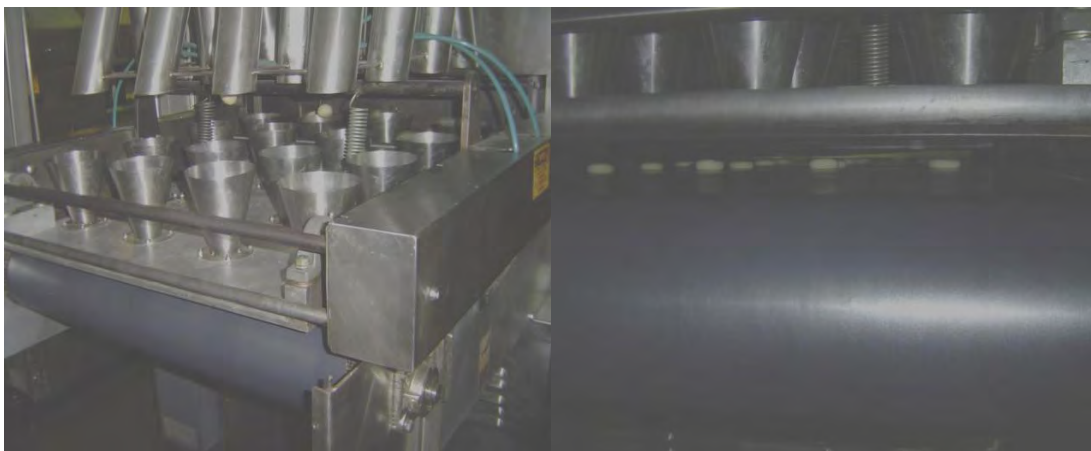
Reposo: Después del boleado se requiere un periodo de reposo para que las proteínas de la masa se terminen de hidratar y se incorporen por completo los demás ingredientes, además de que se forme la “piel” en la masa para retener el

CO₂ producido. Si el tiempo de reposo es menor a 10 minutos ocurre el encogimiento de la masa después del prensado, en cambio si es mayor se tiene un sobrerreposo y se pierde humedad formando costras por la evaporación del agua en las capas superiores, provocando discos deformes en el prensado. En la figura siguiente se presenta un ejemplo del reposador.



Reposador.

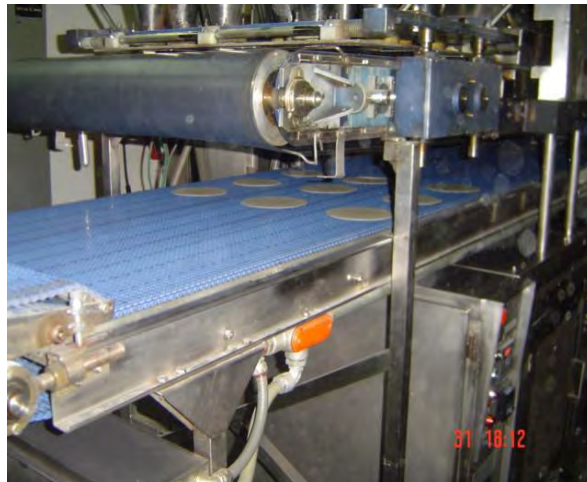
Pre-prensado: El pre-prensado se requiere para evitar que la bola de masa al ser esférica rueda cuando se coloque en la banda transportadora por efecto de la inercia. En la siguiente se da un ejemplo del depositado y posterior pre-prensado.



Preprensador.

Prensado: El prensado tiene por objeto dar la forma extendida y circular a las bolas a través del método de presión por calentamiento, en este método la bola de masa pasa a través de prensas que constan de dos placas, las cuales están a diferente temperatura, pues la apariencia y simetría de las tortillas mejora cuando la temperatura de las placas es diferente (generalmente de 12 a 18 °C), siendo la placa superior la de mayor temperatura.

Con la temperatura de las placas se deshidratan ambas superficies de la tortilla, provocando que el almidón y el gluten se contraigan formando una superficie semicontínua a través de ambas superficies externas. Esto es importante en el desarrollo de la textura de la tortilla ya que permite que los discos se hinchen y se expandan durante la cocción debido al vapor y al polvo para hornear. Estas superficies no sellan herméticamente el gas, pero la estructura almidón/proteína es suficientemente continua como para retener el vapor y retardar la pérdida de humedad por un lapso corto de tiempo. El contenido de humedad de la tortilla debe disminuir aproximadamente de 1 a 2 % en esta etapa. Al cambiar de banda transportadora el producto no debe deshacerse ni adherirse a otras tortillas. En la figura siguiente se muestra una prensadora.



Etapa de prensado.

Comales: La etapa de comales son la transformación final del proceso productivo; tienen la finalidad de realizar una cocción con una temperatura de 210° C durante 26 segundos de los discos producidos en la etapa anterior introducidos por medio de bandas al horno de tres niveles. La cocción se lleva a cabo en tres pasos, cada una dura alrededor de 8 segundos; la cantidad de calor administrado y el tiempo de cocción, son factores que determinan las características finales de la tortilla. La tortilla tienen dos caras “A” y “B”, en el primer paso la cara B de debe quedar en contacto con el comal del horno y la cara A se expande por el vapor de agua y los gases fermentados que tratan de escapar, causando que la matriz del gluten se alargue y se incremente el espesor de la tortilla o crezca su altura hacia la cara A. En el segundo paso, la tortilla se voltea en el horno y la cara opuesta se expande debido nuevamente al vapor, el lado A de la tortilla se colapsa por efecto del peso de la misma cuando se voltea, la estructura del gluten se expande pero no se deshidrata completamente, y debido a la rápida transferencia de calor a través de todo el disco de la tortilla se desarrollan pequeñas partículas de gas en el interior. En el tercer paso la tortilla se voltea a su lado original, los cambios más característicos en el disco de la tortilla son el hinchamiento debido al vapor y los gases que fueron contenidos por la superficie semipermeable y forman dos capas de miga con gas como un sandwich entre ellos.

Sin la debida atención en esta etapa, todos los esfuerzos hechos durante el desarrollo del proceso podrían ser inútiles. Lo que debe salir de los comales es un producto que cumple las características establecidas para la satisfacción de los clientes.



Etapa de comales

Enfriamiento: El proceso de enfriamiento involucra obtener una temperatura del producto adecuada en un tiempo razonable. El enfriamiento se lleva a cabo de 6-7 minutos, el objetivo es que a través de sus bandas circule el producto horneado que llega desde los comales para obtener la temperatura adecuada para embolsarlo (atemperado) y así evitar exudaciones en la bolsa de plástico cuando se empaquen las tortillas, evitando el desarrollo de hongos. En esta etapa se provee la textura de la tortilla y se evita el pegado. En la figura siguiente se muestra un enfriador en espiral.



Enfriador en espiral

Apilamiento: Después del enfriamiento las tortillas viajan a lo largo de transportadores para después llevarlas a una máquina contadora-apiladora donde se dejan caer una sobre otra separándolas de 10 en 10 tortillas para su embolsado, en esta etapa se levanta, selecciona y verifica la cantidad de piezas que se depositan en el tren de embolsado. En la figura siguiente se muestra un ejemplo de apilador.



Apilador.

Embolsado: Consiste en empacar el producto terminado, se cuenta con 2 boquillas para el insuflado de las bolsas y dos cucharas con un empujador que introduce el producto a la bolsa donde se empaca, sella, imprime el código del lote y pasa por un detector de metales para evitar un riesgo de productos extraños al consumidor. En la figura siguiente se muestra un ejemplo de las tortillas embolsadas.



Embolsado

CAPITULO 4. Evaluación de las divisoras y los pistones

En este capítulo se evalúan los resultados de las divisoras así como también de los pistones para la cual se determina la desviación estándar, el Cp y el Cp_k y así poder decidir cuál es la divisora que requiere algún cambio o ajuste trabajar, es decir cuál es la más crítica y cual requiere una atención más pronta para la solución del problema, las graficas se pueden consultar en el anexo No 1.

1.1. Selección de la divisora

Se analizaron las 9 divisoras que se tiene en la planta para determinar cuál es la divisora problema y así hacer un estudio más detallado en cada pistón de esa divisora y determinar a su vez el pistón que da producto no conforme.

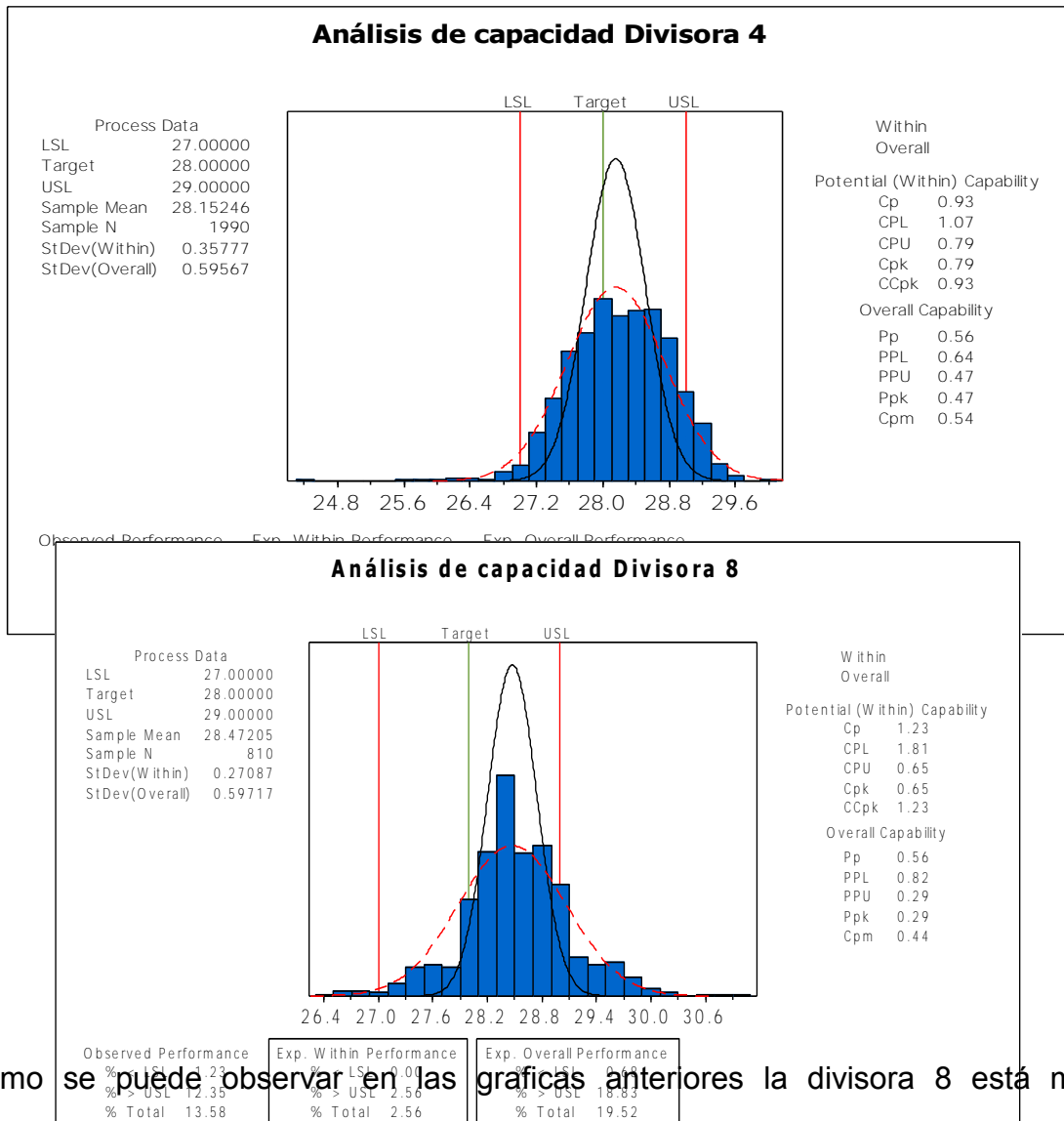
A continuación se presentan en el siguiente cuadro los resultados del estudio que se le realizo a cada divisora en base a la desviación estándar, Cp, Cp_k y limites de control resaltando los peores resultados.

Cuadro. Resultados del estudio por divisora

ETAPA DEL PROCESO	DESV. STD	Cp	Cp _k	LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN			LÍMITES DE CONTROL		
				LSE	OBJ	LIE	LSC	LC	LIC
DIVISORA 1	0.446	1.91	1.54	29	28	27	28.376	28.193	28.009
DIVISORA 2	0.480	1.57	1.24	29	28	27	28.433	28.211	27.989
DIVISORA 3	0.347	2.14	1.76	29	28	27	28.335	28.177	28.019
DIVISORA 4	0.595	0.93	0.79	29	28	27	28.529	28.152	27.776
DIVISORA 5	0.374	1.49	1.30	29	28	27	28.110	27.870	27.631
DIVISORA 6	0.455	1.16	1.10	29	28	27	28.229	27.949	27.670
DIVISORA 7	0.428	1.58	1.55	29	28	27	28.178	27.978	27.777
DIVISORA 8	0.579	1.23	0.65	29	28	27	28.771	28.472	28.173
DIVISORA 9	0.397	1.86	1.18	29	28	27	28.613	28.367	28.121

Aun cuando la divisora 4 tiene la desviación estándar más alta (0.595) comparándola con las demás divisoras y aunado a esto tiene el Cp más bajo

(0.93). Se tomo la decisión de trabajar con la divisora 8 porque se ha comprobado que es mejor tomar el segundo coeficiente de capacidad (Cp_k) en virtud de que considera el centrado del proceso y no solo la amplitud por lo que la divisora 8 es la que tiene el menor Cp_k (0.65) además esta tiene el promedio de peso más alto (28.472 g) con lo que impactaría de mayor manera en el aspecto económico al reducir la cantidad de producto que se suministra de más a los clientes, esto se esquematiza en las siguientes graficas referentes al análisis de capacidad de la divisora 4 y 8 respectivamente .



Como se puede observar en las graficas anteriores la divisora 8 está más descentrado en comparación con la divisora 4 aunque la divisora 4 tiene más dispersión en sus datos.

4.2 DETERMINACION DEL PISTON CRÍTICO

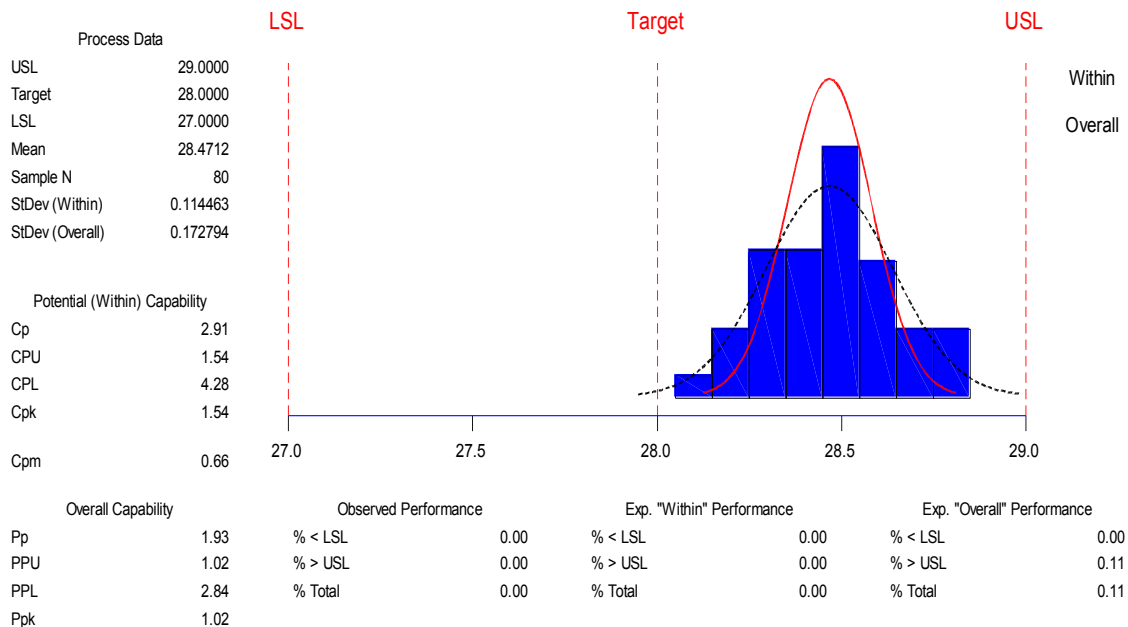
Al detectar la divisora a trabajar, se evalúan individualmente cada pistón de dicha divisora, para así determinar cuál es el pistón más crítico o al que hay que darle mantenimiento o cambiarlo.

Cuadro. Resultados del estudio por pistón en la divisora 8

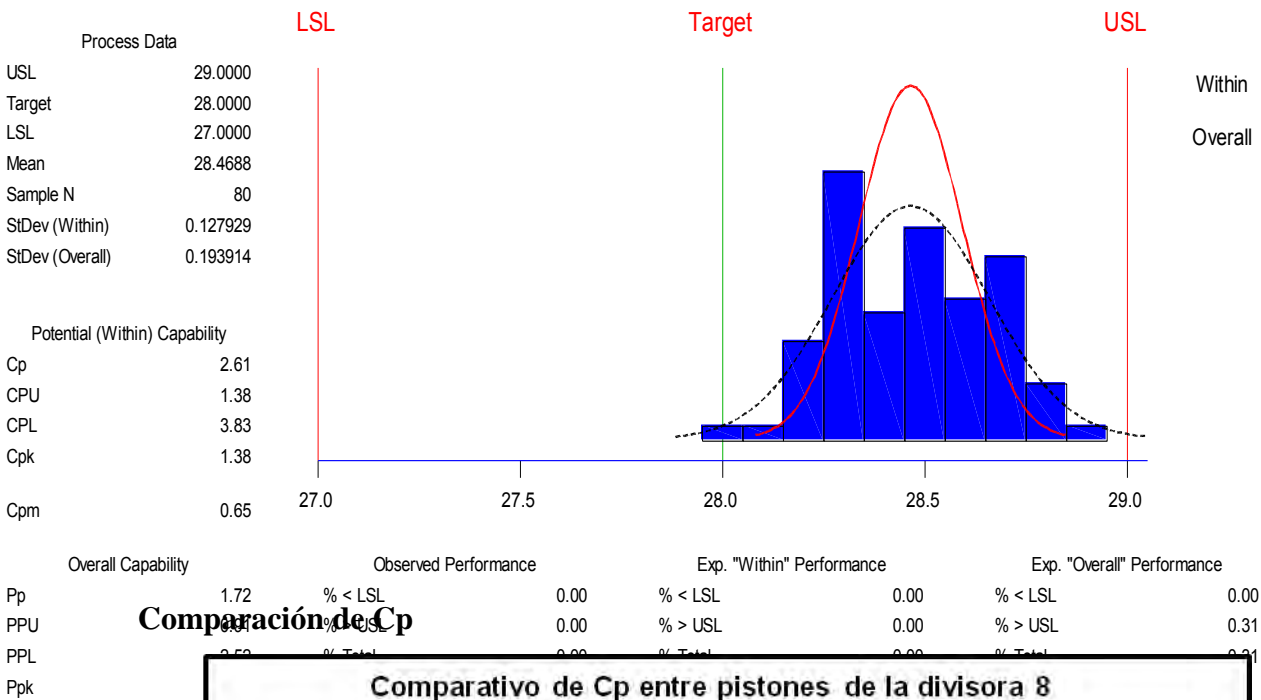
DIVISORA 8 PISTON	DESV. STD	Cp	Cp _K	LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN			LÍMITES DE CONTROL		
				LSE	OBJ	LIE	LSC	LC	LIC
Pistón 1	0.472	0.92	0.81	29	28	27	29.38	28.64	27.91
Pistón 2	0.309	1.40	0.77	29	28	27	29.41	28.55	27.70
Pistón 3	0.322	1.56	0.77	29	28	27	29.58	28.68	27.78
Pistón 4	0.193	1.69	0.91	29	28	27	29.75	28.73	27.72
Pistón 5	0.281	1.25	0.72	29	28	27	29.59	27.88	28.17
Pistón 6	0.737	0.72	0.68	29	28	27	29.01	28.37	27.74
Pistón 7	0.601	1.02	0.44	29	28	27	29.02	28.35	27.68
Pistón 8	0.720	1.01	0.06	29	28	27	28.63	27.92	27.22
Pistón 9	0.669	0.95	0.26	29	28	27	28.98	28.11	27.25

Con la información de la tabla anterior podemos determinar que 7 de los 9 pistones dan productos fuera de especificación, esto es un 77.77%. Esto podría representarse como un proceso 80/20 es decir alrededor del 20% de los pistones provocan el 80% de defectos

Análisis de Cp del Pistón 6 Divisora 9



Análisis de Cp del Pistón 8 Divisora 9



Comparación de Cp



Gráfica de comparación de resultados de Cp de pistones de la Divisora 8

En la gráfica anterior se observa la representación gráfica de los resultados de Cp en los diferentes pistones de la divisora 8, donde el valor menor lo obtuvo el pistón 6, lo que indica que este pistón no cuenta con la capacidad de maquinaria necesario para proveer al proceso un adecuado peso en la etapa de dividido de masa ya que tiene una gran amplitud.

Comparación de Cp_k



Gráfica de comparación de resultados de Cp_k de pistones de la Divisora 8

En la gráfica anterior se observa la representación gráfica de los resultados de Cp_k en los diferentes pistones de la divisora 8, donde el valor menor lo obtuvo el pistón 8 con un Cp_k de 0.06, lo que indica que este pistón no cuenta con la capacidad de maquinaria necesario para proveer al proceso un adecuado peso en la etapa de dividido de masa ya que está bastante descentrado.

Comparación de Desviación Estándar.



Gráfica de comparación de desviación. estándar de pistones de la divisora 8

En la figura anterior se observa la representación grafica de los resultados de la Desviación Estándar en los diferentes pistones de la divisora 8, donde el peor

valor lo obtuvo el pistón 6 con una desviación estándar de 0.737, lo que indica que este pistón tiene una gran variación entre los pesos que proporciona al proceso.

4.3 Beneficios económicos

En todo proyecto siempre se buscan obtener beneficios económicos cuantificables, en este caso el beneficio económico se obtendría con la reducción de la variación y control de la variable peso al disminuir el costo por unidad fabricada ya que se aumentaría la cantidad de producto elaborado con la misma cantidad de materia prima.

Una vez que, el proceso se llevó bajo control estadístico y las variaciones no fueron considerables y se logró disminuir peso del producto hasta donde el propio proceso lo permitió (sin salirse de los límites de especificación), se calculó el beneficio real obtenido, utilizando el cuadro anterior pero con el peso del producto (disminuido) real.

PT	AUMENTO DE PAQUETES POR MASA	PROD MENSUAL	COSTO POR UNIDAD	AHORRO MENSUAL	LIMITES DE ESPECIFICACIÓN			LIMITES DE CONTROL		
					LSE	OBJ	LIE	LSC	C	LIC
TORTILLAS PROM INICIAL	29.603	3638	\$ 8.0	\$861,565	29	28	27	29.77	29.37	28.97
TORTILLAS EN CEP								28.75	28.09	27.43

Cuadro de ahorro mensual estimado a partir de la disminución y control de peso.

Se puede determinar un beneficio económico estimado utilizando como guía el cuadro anterior el cual ejemplifica una base de cálculo para cuantificar los ahorros potenciales y el impacto económico que tendrá el implementar el CEP en la elaboración de tortillas de harina. En donde el costo por unidad fabricada de producto será un estimado a partir del costo actual del producto en el mercado que es alrededor de \$8.00 pesos por paquete de 10 piezas de tortillas.

Para conocer la cantidad de paquetes de tortillas que se obtienen por masa se debe conocer la cantidad de masas que se elaboraron en el mes, cada una de las cuales pesa alrededor de 500 Kg.

Al conocer el peso promedio con el cual se están elaborando las tortillas, y considerando que se venden en paquetes con presentación de 10 piezas se hace el cálculo de cuantos paquetes se elaboran por masa.

Ejemplo.

$$X \text{ paq/masa (peso inicial)} = \left(\frac{500 \text{ Kg}}{1 \text{ masa}} \right) \left(\frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \right) \left(\frac{1 \text{ tortilla}}{28.472 \text{ g}} \right) \left(\frac{1 \text{ paquete}}{10 \text{ tortillas}} \right) = 1756.111 \text{ paq/masa}$$

$$X \text{ paq/masa (peso final)} = \left(\frac{500 \text{ Kg}}{1 \text{ masa}} \right) \left(\frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \right) \left(\frac{1 \text{ tortilla}}{28.0 \text{ g}} \right) \left(\frac{1 \text{ paquete}}{10 \text{ tortillas}} \right) = 1785.714 \text{ paq/masa}$$

$$\left[X \text{ paq/masa (peso inicial)} \right] - \left[X \text{ paq/masa (peso final)} \right] = \text{Cantidad de paquetes aumentados por masa}$$

$$\begin{array}{l} \text{Cantidad de} \\ \text{paquetes} \\ \text{aumentados} \\ \text{por masa} \end{array} = \left(1785.714 \text{ paq/masa inicial} \right) - \left(1756.111 \text{ paq/masa final} \right) = 29.603 \text{ paq/masa}$$

El beneficio económico se calcula de la siguiente forma:

$$\left(\text{Cantidad de paq aumentados/masa} \right) (\text{costo unitario}) (\text{masas producidas mensualmente}) = \$$$

$$\left(29.603 \text{ paq/masa} \right) \left(\$8.0 \text{ pesos/paquete} \right) \left(3638 \text{ masas/mes} \right) = \$861,565.71 \text{ pesos/mes}$$

CONCLUSIONES

Con la realización de este proyecto se lograron varios avances y se llegaron a las siguientes conclusiones.

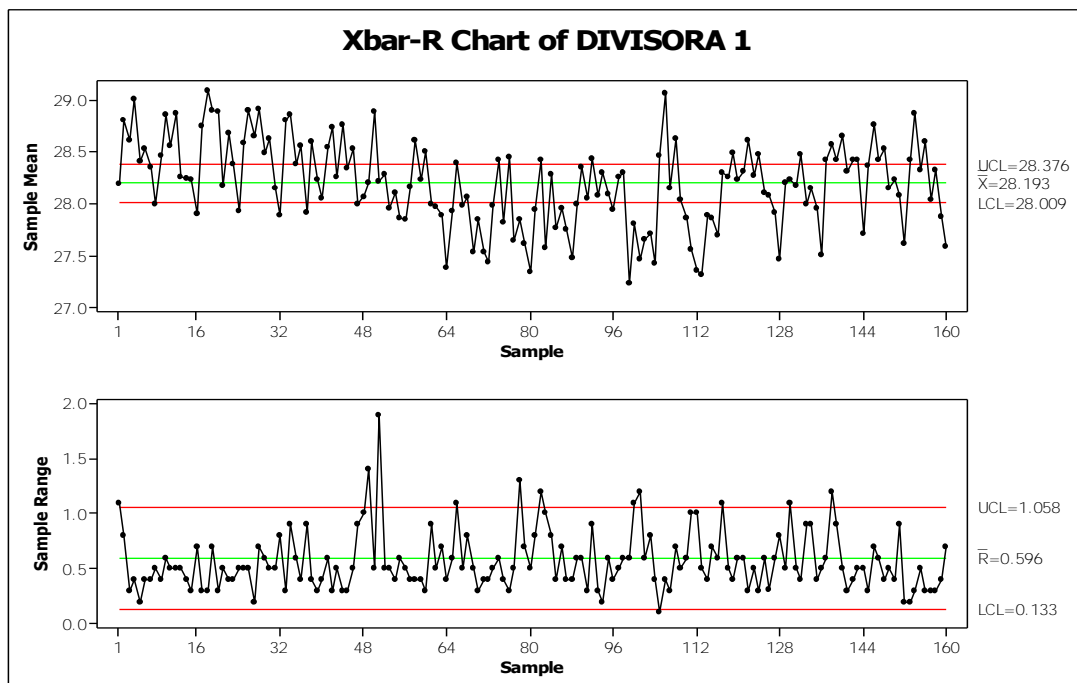
1. Actuar para mejorar implicó introducir el Control Estadístico de Procesos (CEP) como método de estandarización esto se logró a través de la implementación de los Gráficos de Control en los puestos de trabajo promoviendo así una cultura estadística en la toma de datos y el análisis de los mismos.
2. Al implementar el CEP en la línea de proceso se proporcionó confianza a la operación describiendo la amplitud de la variabilidad inherente al proceso, sin inspeccionar al cien por cien las tortillas fabricadas.
3. Al desarrollar este proyecto se puede tener un mejor criterio para seleccionar al equipo donde es necesario hacer el mantenimiento de la divisora, ya que al ser maquinaria importada las piezas son muy caras y las refacciones tienen un tiempo de entrega muy largo.
4. Al evaluar la maquinaria se utilizan primero los Gráficos de Control seguidos del Análisis de la Capacidad de Procesos (C_p y C_{p_k}), y no se pueden ver de forma aislada ya que ambos se complementan.
5. El software estadístico Minitab® versión 13 permitió agilizar el análisis de los datos, es importante poner énfasis que, aunque puede ser elevado el costo de la adquisición de este programa, sus beneficios son grandes al tener funciones específicas para el control de la calidad de una empresa tales como (Diagramas de Pareto, Diagramas de Causa y Efecto, Diagramas de dispersión, Gráficas de control por Variables y por Atributos, Estudios R&R, etc).
6. Con base a los objetivos propuestos se concluye que fueron cubiertos en su totalidad:

- Al identificar a la máquina más problemática con base en: Índice Cp, Cpk y desviación estándar para así realizar posteriormente el estudio de cada pistón y determinar cuál es el primero que se tiene que sustituir.
 - En la situación actual donde el proceso no está bajo control estadístico, y no alcanza a cubrir los límites de especificación porque están muy abiertos y los valores de las capacidades están ligeramente por debajo a 1, en este caso se tendrán que cerrar más los límites de especificación, ajustando nuevamente el proceso en el caso de que se saliera de control.
7. Es importante seguir trabajando en la implementación del control estadístico de procesos y el seguimiento a las acciones correctivas cuando exista una desviación.
 8. Aun si se pudiera llevar la etapa de dividido de tortillas hacia un proceso bajo control estadístico es importante controlar otras etapas tales como comales y enfriadores para llegar a reducir y mejorar la amplitud del proceso, por ello se tiene que eliminar todas las causas asignables de variación en dichas etapas.
 9. Las Herramientas Básicas del Control de Calidad disminuyen considerablemente los desperdicios, sería notable la reducción de costos de manufactura y operación al aumentar la cantidad de paquetes obtenidos por masa elaborada sin afectar la calidad del producto y cumpliendo con las normas de contenido neto, también minimiza la inspección debido a la reducción de la variabilidad en el proceso.
 10. Este proyecto tiene una repercusión económica potencial si se lleva la etapa de dividido bastante considerable de hasta \$861,565.71 pesos al mes, dando un total de \$10,338,788.52 pesos cada año.

11. La presente metodología está abierta a utilizarse como base no solo en el control estadístico de peso sino también en el control de distintas variables o atributos relacionados al producto o al proceso mismo.

ANEXO 1. Resultados de los gráficos de control y capacidad del proceso de las divisoras

Los resultados obtenidos en las gráficas de control, y en los análisis de Capacidad del Proceso donde se muestra un gráfico de control de Medias y Rangos en el proceso de dividido así como el análisis de Capacidad de Proceso con los datos que se recopilaron de cada divisora.



Gráfica de Control X-R de peso en Divisora 1

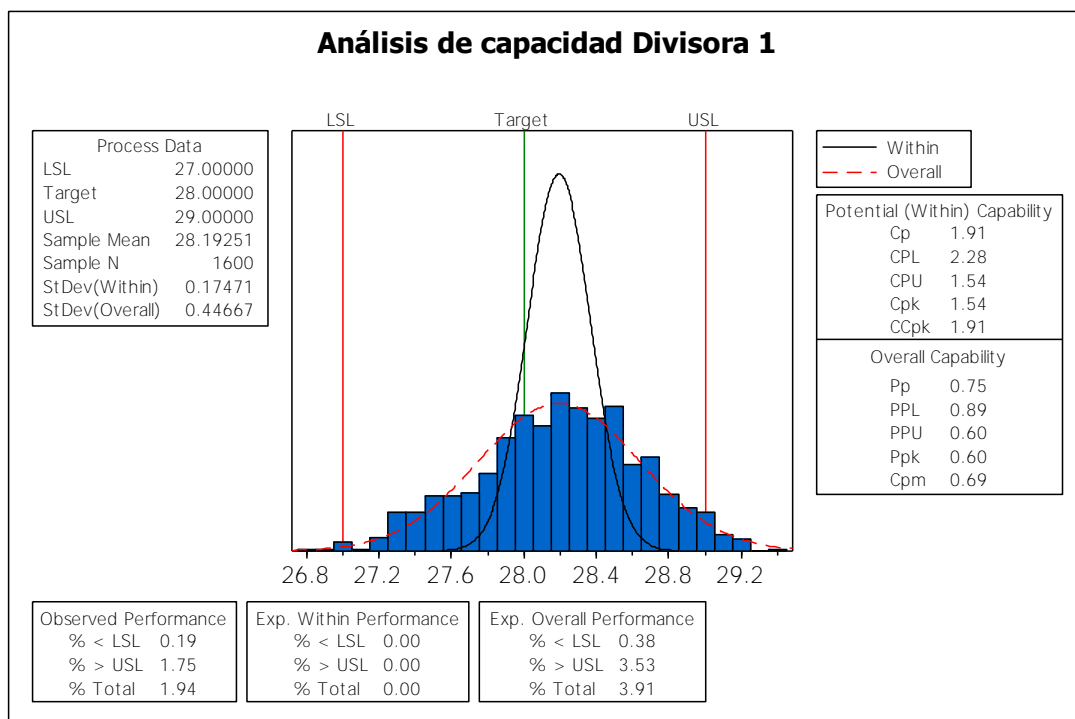
En la anterior se observa un proceso que no está en control ya que existen causas especiales de variación como son:

- Puntos fuera de los límites de control.
- Carreras (al menos 7 puntos sucesivos están del mismo lado de la línea central).
- Tendencias ascendentes y descendentes.

Se visualiza en la gráfica que el promedio de dividido es de 28.193 g. Existe una diferencia de 0.193 g por “bolita” de dividido comparándolo con el peso objetivo ó límite central de especificación que es de 28 g. Los resultados de límites superior de control da 0.376 g de más (28.376 g) e inferior de control da 0.0.009 g de más (28.009 g).

En la gráfica de Rangos existen 11 datos de 160 fuera de los límites de control, en cambio en la gráfica de promedios existen 112 datos fuera, lo que indica que los resultados entre los pesos de una tortilla a otra presentan poca variabilidad, no así en el promedio de los pesos de un subgrupo a otro.

La cantidad de datos fuera de los límites representa el 70 % del total de datos, lo que significa, que este pistón esta fuera de control estadístico ya que bibliográficamente se recomienda un porcentaje de alrededor del 30% de datos dentro de los limites para considerarlo en control estadístico, con respecto a la cantidad de puntos requeridos para analizar un gráfico de control.. Los límites de control en el caso del rango son de 1.058 en el LSC y 0.133 en el LIC lo que representa una mayor variabilidad entre los datos recolectados de la permitida (± 1).

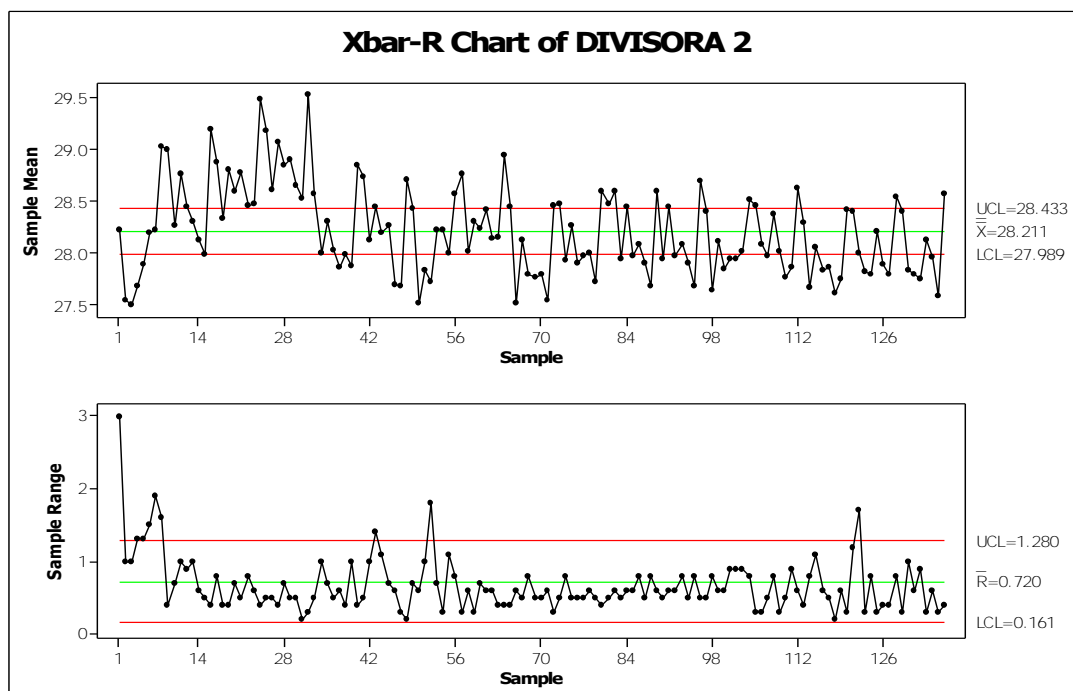


Análisis de capacidad de procesos en Divisora 1.

Se muestra en la figura anterior el Análisis de Capacidad de Proceso, donde se observa que una buena parte del producto, el 1.75%, está por encima del Límite Superior de Especificación (LSE) y 0.19% por debajo del Límite Inferior de Especificación; esta gráfica presenta la forma de una campana con una media de 28.19 g, 0.19 g más que el peso objetivo (28 g).

Se tiene un C_p de 1.91, indicando que el proceso tiene capacidad suficiente. Pero se debe utilizar también el segundo coeficiente que muestra claramente que el proceso tiene la capacidad de maquinaria necesaria, este coeficiente es el C_{pk} , cuyo valor es de 1.54, con una desviación estándar de 0.446.

Por lo que al no encontrarse el proceso bajo control estadístico, estos resultados de capacidad de proceso son poco confiables y nos pueden llevar a conclusiones equivocadas y por lo mismo es imposible predecir el comportamiento del mismo, este solo sirve para darnos una idea del proceso y es un indicador de en qué condiciones se inició el proyecto.



Gráfica de Control X-R de peso en Divisora 2

En la anterior se observa un proceso que no está en control ya que existen causas especiales de variación como son:

- Puntos fuera de los límites de control.
- Carreras (al menos 7 puntos sucesivos están del mismo lado de la línea central).
- Tendencias ascendentes y descendentes.

Se observa en la gráfica que el promedio de dividido es de 28.221 g. Existe una diferencia de 0.221 g por “bolita” de dividido comparándolo con el peso objetivo ó límite central de especificación que es de 28 g. Los resultados de límites superior de control da 0.433 g de más (28.433 g) e inferior de control da 0.011 g de menos (27.989 g).

En la gráfica de Rangos de la figura anterior existen 9 datos de 136 fuera de los límites de control, en cambio en la gráfica de promedios existen 92 datos fuera lo que indica que los resultados entre los pesos de una tortilla a otra presentan poca variabilidad, no así en el promedio de los pesos de un subgrupo a otro.

La cantidad de datos fuera de los límites representa el 67.64% del total de datos, lo que significa que este pistón esta fuera de control estadístico ya que bibliográficamente se recomienda un porcentaje de alrededor del 30% de datos fuera de los limites para considerarlo en control estadístico, con respecto a la cantidad de puntos requeridos para analizar un gráfico de control. Los límites de control en el caso del rango son de 1.28 en el LSC y 0.161 en el LIC lo que representa una mayor variabilidad entre los datos recolectados de la permitida (± 1).

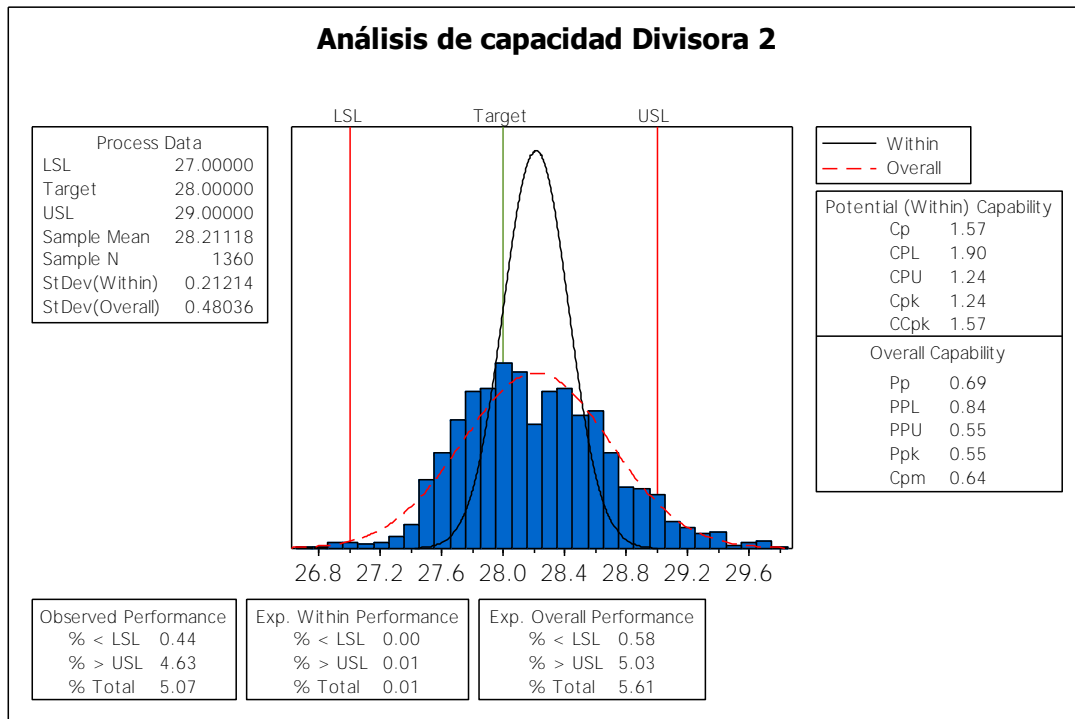
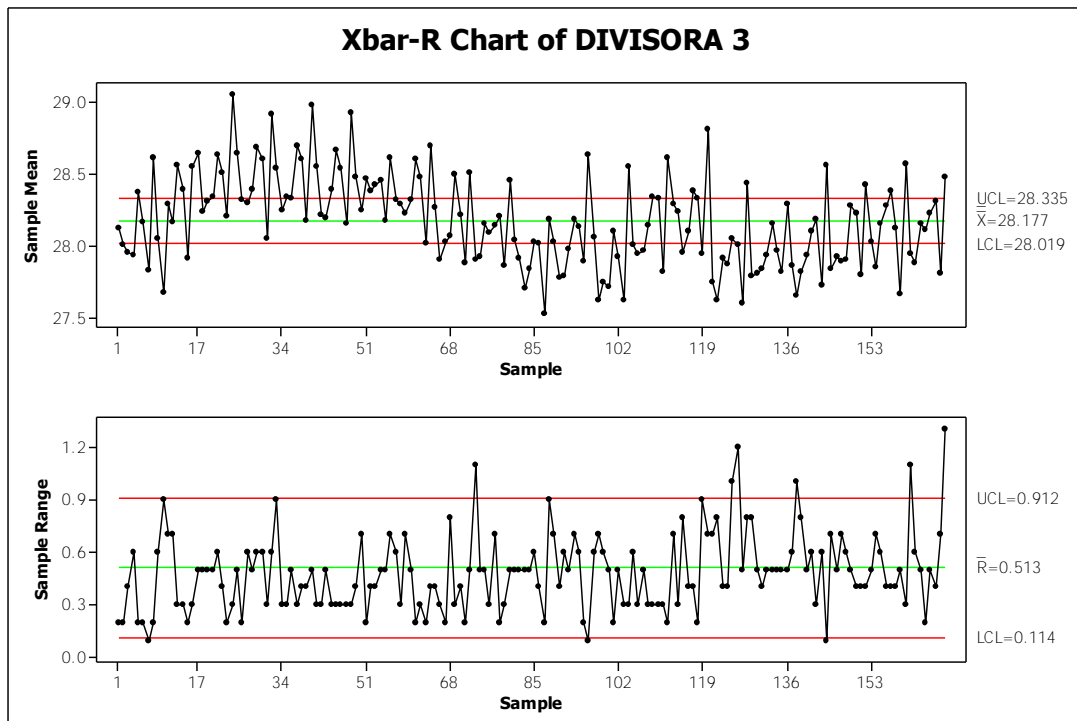


Figura. Análisis de capacidad de procesos en Divisora 2.

Se muestra en la figura del Análisis de Capacidad de Proceso, donde se observa que una buena parte del producto, el 4.63%, esta por encima del Límite Superior de Especificación (LSE) y 0.44 % por debajo del Limite Inferior de Especificación; esta gráfica presenta la forma de una campana con una media de 28.211 g, 0.211 g más que el peso objetivo (28 g).

Se tiene un Cp de 1.57, indicando que el proceso tiene capacidad suficiente. Pero se debe utilizar el segundo coeficiente que muestra claramente que el proceso tiene la capacidad de maquinaria necesaria, este coeficiente es el C_{pk} , cuyo valor es de 1.24, con una desviación estándar de 0.48.

Aunque estos resultados de capacidad de proceso sean poco confiables y nos pueden llevar a conclusiones equivocadas ya que el proceso no se encuentra bajo control estadístico y por lo mismo no se puede predecir el comportamiento del mismo, sirve para visualizar mejor el proceso y es un indicador de en qué condiciones se inició el proyecto.



Gráfica de Control X-R de peso en Divisora 3

En la anterior se observa un proceso que no está en control ya que existen causas especiales de variación como son:

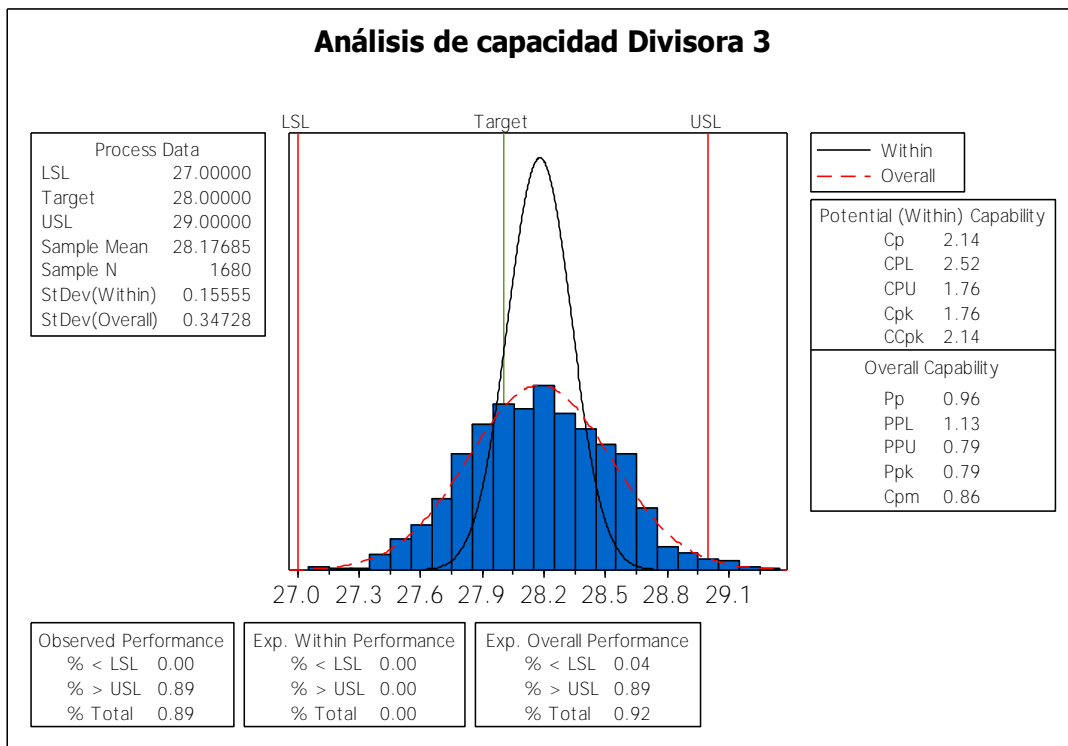
- Puntos fuera de los límites de control.
- Carreras (al menos 7 puntos sucesivos están del mismo lado de la línea central).
- Tendencias ascendentes y descendentes.

Se visualiza en la gráfica que el promedio de dividido es de 28.177 g. Existe una diferencia de 0.177 g por “bolita” de dividido comparándolo con el peso objetivo ó límite central de especificación que es de 28 g. Los resultados de límites superior de control da 0.335 g de más (28.335 g) e inferior de control da 0.019 g de más (28.019 g).

En la gráfica de Rangos existen 9 datos de 168 fuera de los límites de control, en cambio en la gráfica de promedios existen 105 datos fuera, lo que indica que los

resultados entre los pesos de una tortilla a otra presentan poca variabilidad, no así en el promedio de los pesos de un subgrupo a otro

La cantidad de datos fuera de los límites representa el 62.5% del total de datos, lo que significa que este pistón está fuera de control estadístico ya que bibliográficamente se recomienda un porcentaje de alrededor del 30% de datos fuera de los límites para considerarlo en control estadístico, con respecto a la cantidad de puntos requeridos para analizar un gráfico de control. Los límites de control en el caso del rango son de 0.912 en el LSC y 0.114 en el LIC lo que representa una mayor variabilidad entre los datos recolectados de la permitida (± 1).

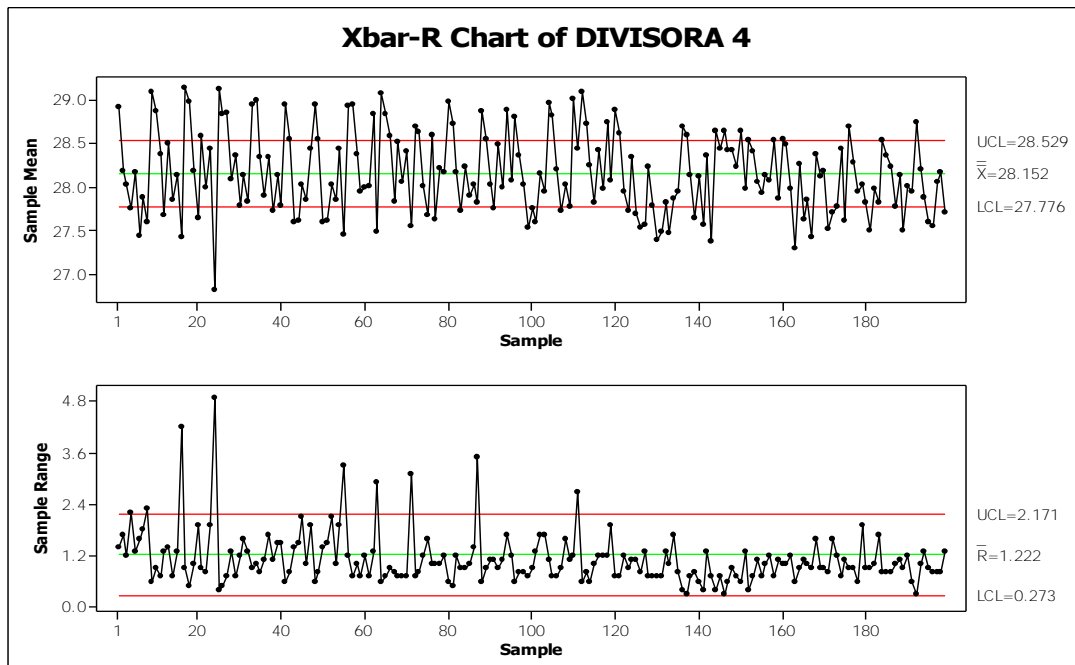


Análisis de capacidad de procesos en Divisora 3.

Se muestra en la figura anterior el Análisis de Capacidad de Proceso, donde se observa que una buena parte del producto, el 0.89%, está por encima del Límite Superior de Especificación (LSE); esta gráfica presenta la forma de una campana con una media de 28.176 g, 0.176 g más que el peso objetivo (28 g).

Se tiene un C_p de 2.14, indicando que el proceso tiene capacidad suficiente. Pero tanto se debe utilizar el segundo coeficiente que muestra claramente que el proceso tiene la capacidad de maquinaria necesaria, este coeficiente es el C_{pk} , cuyo valor es de 1.76, con una desviación estándar de 0.347.

Estos resultados de capacidad de proceso son poco confiables y nos pueden llevar a conclusiones equivocadas ya que el proceso no se encuentra bajo control estadístico y por lo mismo no se puede predecir el comportamiento del mismo, sirve para visualizar mejor el proceso y es un indicador de en qué condiciones se inició el proyecto.



Gráfica de Control X-R de peso en Divisora 4

En la figura anterior se observa un proceso que no está en control ya que existen causas especiales de variación como son:

- Puntos fuera de los límites de control.
- Carreras (al menos 7 puntos sucesivos están del mismo lado de la línea central).
- Tendencias ascendentes y descendentes.

Se visualiza en la gráfica que el promedio de dividido es de 28.152 g. Existe una diferencia de 0.152 g por “bolita” de dividido comparándolo con el peso objetivo ó límite central de especificación que es de 28 g. Los resultados de límites superior de control da 0.024 g de más (28.529 g) e inferior de control da 0.024 g de menos (27.776g).

En la gráfica de Rangos existen 9 datos de 200 fuera de los límites de control, en cambio en la gráfica de promedios existen 91 datos fuera, lo que indica que los resultados entre los pesos de una tortilla a otra presentan poca variabilidad, no así en el promedio de los pesos de un subgrupo a otro

La cantidad de datos fuera de los límites representa el 45.5% del total de datos, lo que significa que este pistón esta fuera de control estadístico ya que bibliográficamente se recomienda un porcentaje de alrededor del 30% de datos fuera de los limites para considerarlo en control estadístico, con respecto a la cantidad de puntos requeridos para analizar un gráfico de control. Los límites de control en el caso del rango son de 2.171 en el LSC y 0.273 en el LIC lo que representa una mayor variabilidad entre los datos recolectados de la permitida (± 1).

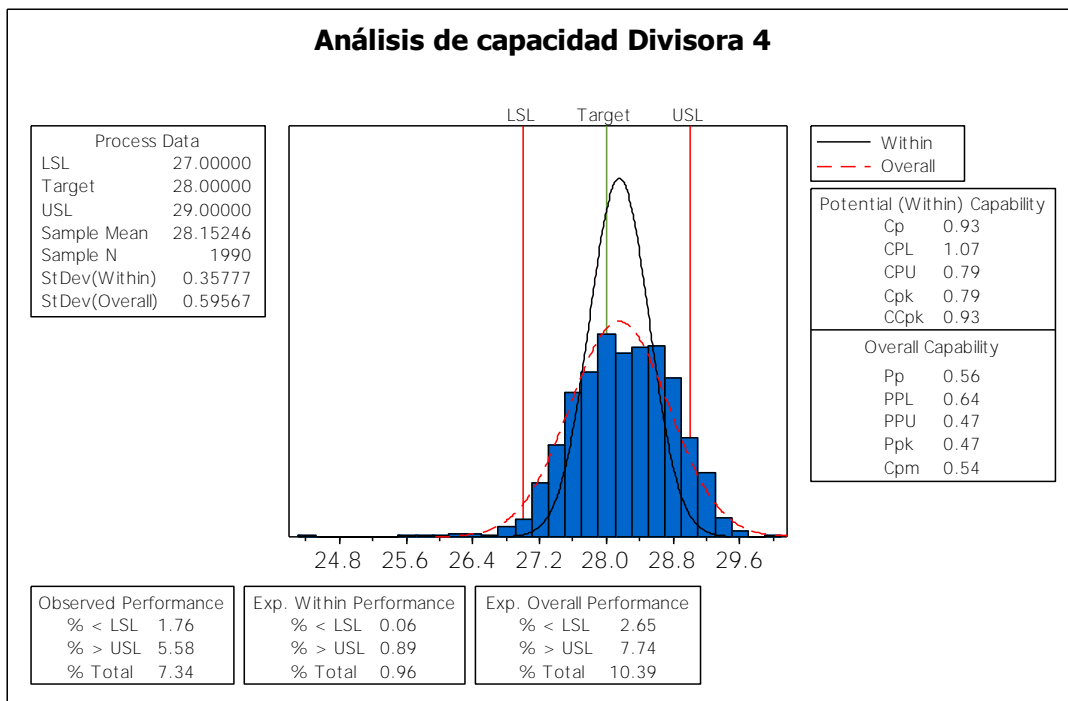
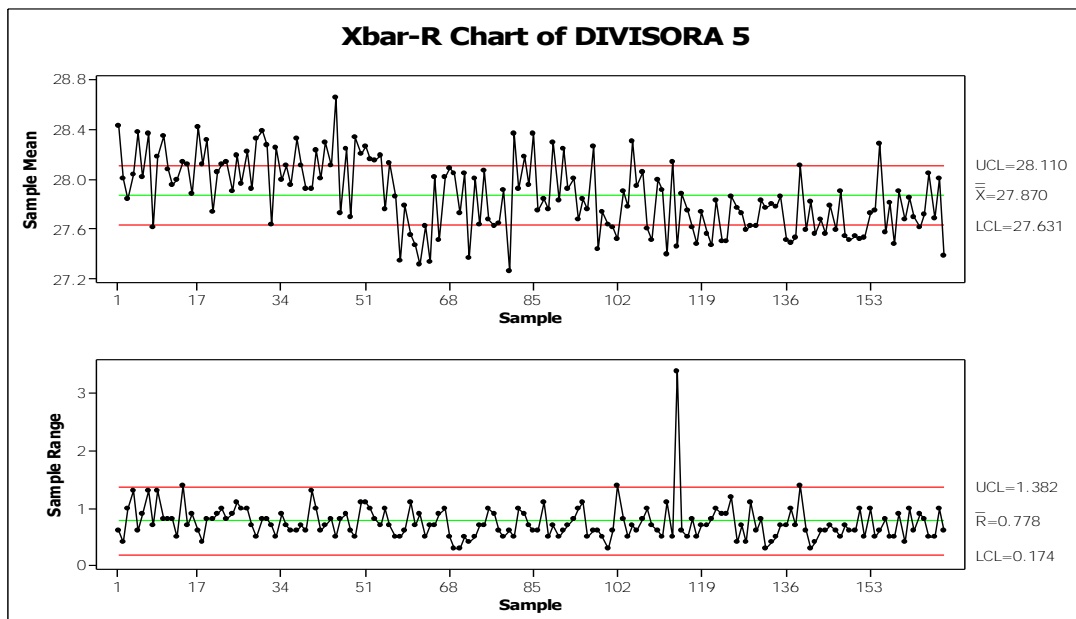


Figura. Análisis de capacidad de procesos en Divisora 4.

Se muestra en la figura anterior el Análisis de Capacidad de Proceso, donde se observa que una buena parte del producto, el 5.58 %, está por encima del Límite Superior de Especificación (LSE) y el 1.76 % está por debajo del Límite Inferior de Especificación; esta gráfica presenta la forma de una campana con una media de 28.152 g, 0.152 g más que el peso objetivo (28 g).

Se tiene un C_p de 0.93, indicando que el proceso tiene capacidad suficiente. Pero se debe utilizar el segundo coeficiente que muestra claramente que el proceso tiene la capacidad de maquinaria necesaria, este coeficiente es el C_{p_k} , cuyo valor es de 0.79, con una desviación estándar de 0.595.

Los resultados de capacidad de proceso no son confiables y nos pueden llevar a conclusiones equivocadas pues el proceso no se encuentra bajo control estadístico y por lo mismo no se puede predecir el comportamiento del mismo, sirve para visualizar mejor el proceso y es un indicador de en que condiciones se inició el proyecto.



Gráfica de Control X-R de peso en Divisora 5

En la figura anterior se observa un proceso que no está en control ya que existen causas especiales de variación como son:

- Puntos fuera de los límites de control.
- Carreras (al menos 7 puntos sucesivos están del mismo lado de la línea central).
- Tendencias ascendentes y descendentes.

Se visualiza en la gráfica que el promedio de dividido es de 27.87 g. Existe una diferencia de 0.23 g por “bolita” de dividido comparándolo con el peso objetivo ó límite central de especificación que es de 28 g. Los resultados de límites superior de control da 0.11 g de más (28.11 g) e inferior de control da 0.369 g de menos (27.631 g).

En la gráfica de Rangos existen 4 datos de 168 fuera de los límites de control, en cambio en la gráfica de promedios existen 86 datos fuera, lo que indica que los resultados entre los pesos de una tortilla a otra presentan poca variabilidad, no así en el promedio de los pesos de un subgrupo a otro

La cantidad de datos fuera de los límites representa el 51.19% del total de datos, lo que significa que este pistón esta fuera de control estadístico ya que bibliográficamente se recomienda un porcentaje de alrededor del 30% de datos fuera de los limites para considerarlo en control estadístico, con respecto a la cantidad de puntos requeridos para analizar un gráfico de control. Los límites de control en el caso del rango son de 1.382 en el LSC y 0.174 en el LIC lo que representa una mayor variabilidad entre los datos recolectados de la permitida (± 1).

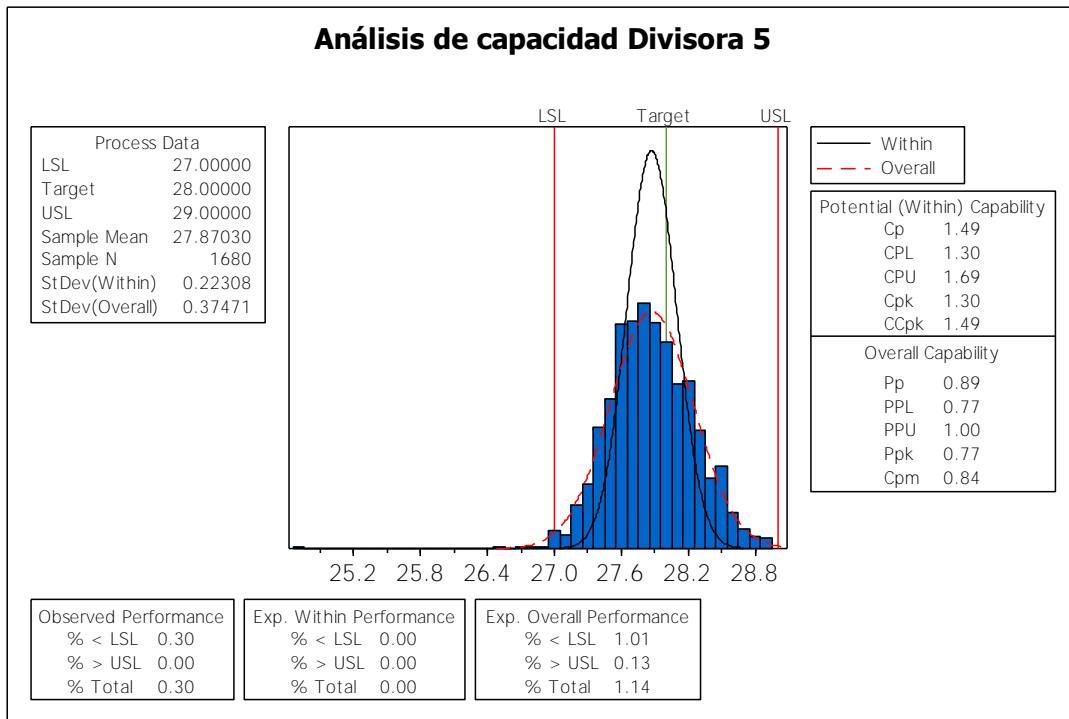
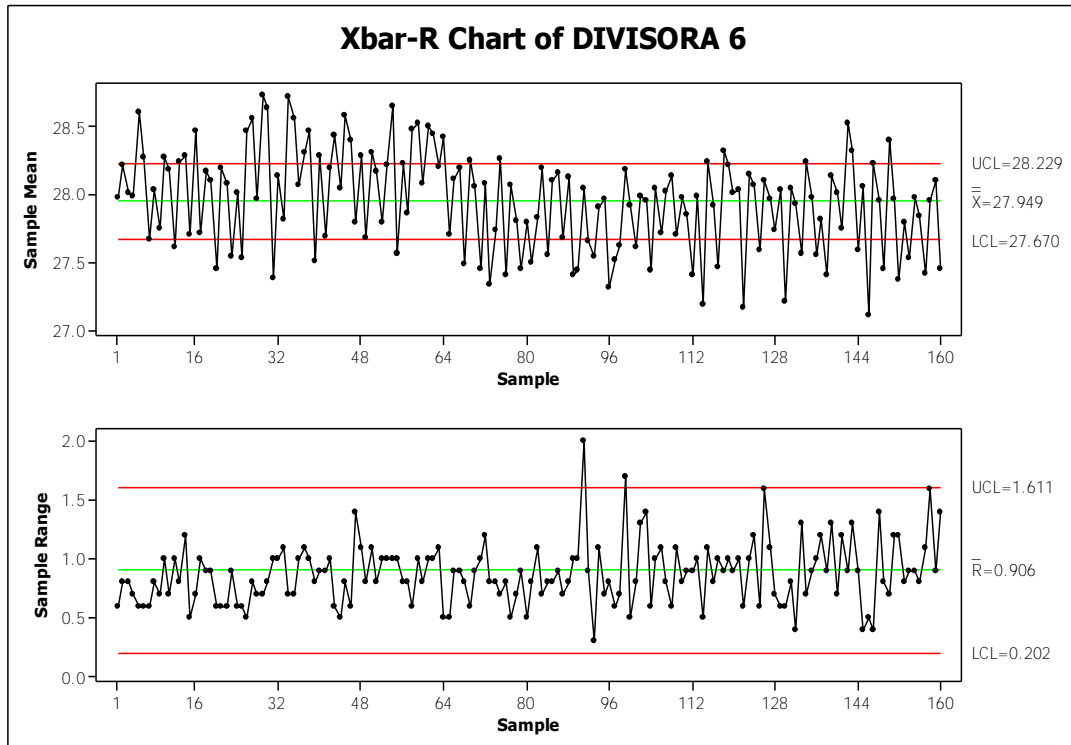


Figura. Análisis de capacidad de procesos en Divisora 5.

Se muestra en la figura anterior el Análisis de Capacidad de Proceso, donde se observa que una buena parte del producto, el 0.3 %, está por encima del Límite Superior de Especificación (LSE); esta gráfica presenta la forma de una campana con una media de 27.87 g, 0.013 g menos que el peso objetivo (28 g).

Se tiene un Cp de 1.49, indicando que el proceso tiene capacidad suficiente. Pero se debe utilizar el segundo coeficiente que muestra claramente que el proceso tiene la capacidad de maquinaria necesaria, este coeficiente es el C_{pk} , cuyo valor es de 1.3, con una desviación estándar de 0.374.

Los resultados de capacidad de proceso en este caso son poco confiables y nos pueden llevar a conclusiones equivocadas ya que el proceso no se encuentra bajo control estadístico y por lo mismo no se puede predecir el comportamiento del mismo, sirve para visualizar mejor el proceso y es un indicador de en qué condiciones se inició el proyecto.



Gráfica de Control X-R de peso en Divisora 6

En la figura anterior se observa un proceso que no está en control ya que existen causas especiales de variación como son:

- Puntos fuera de los límites de control.
- Carreras (al menos 7 puntos sucesivos están del mismo lado de la línea central).
- Tendencias ascendentes y descendentes.

Se visualiza en la gráfica que el promedio de dividido es de 27.949 g. Existe una diferencia de 0.051 g por “bolita” de dividido comparándolo con el peso objetivo ó límite central de especificación que es de 28 g. Los resultados de límites superior de control da .229 g de más (28.229 g) e inferior de control da 0.33 g de menos (27.67 g).

En la gráfica de Rangos existen 2 datos de 160 fuera de los límites de control, en cambio en la gráfica de promedios existen 75 datos fuera, lo que indica que los resultados entre los pesos de una tortilla a otra presentan poca variabilidad, no así en el promedio de los pesos de un subgrupo a otro

La cantidad de datos fuera de los límites representa el 46.87% del total de datos, lo que significa que este pistón está fuera de control estadístico ya que bibliográficamente se recomienda un porcentaje de alrededor del 30% de datos fuera de los límites para considerarlo en control estadístico, con respecto a la cantidad de puntos requeridos para analizar un gráfico de control. Los límites de control en el caso del rango son de 1.611 en el LSC y 0.202 en el LIC lo que representa una mayor variabilidad entre los datos recolectados de la permitida (± 1).

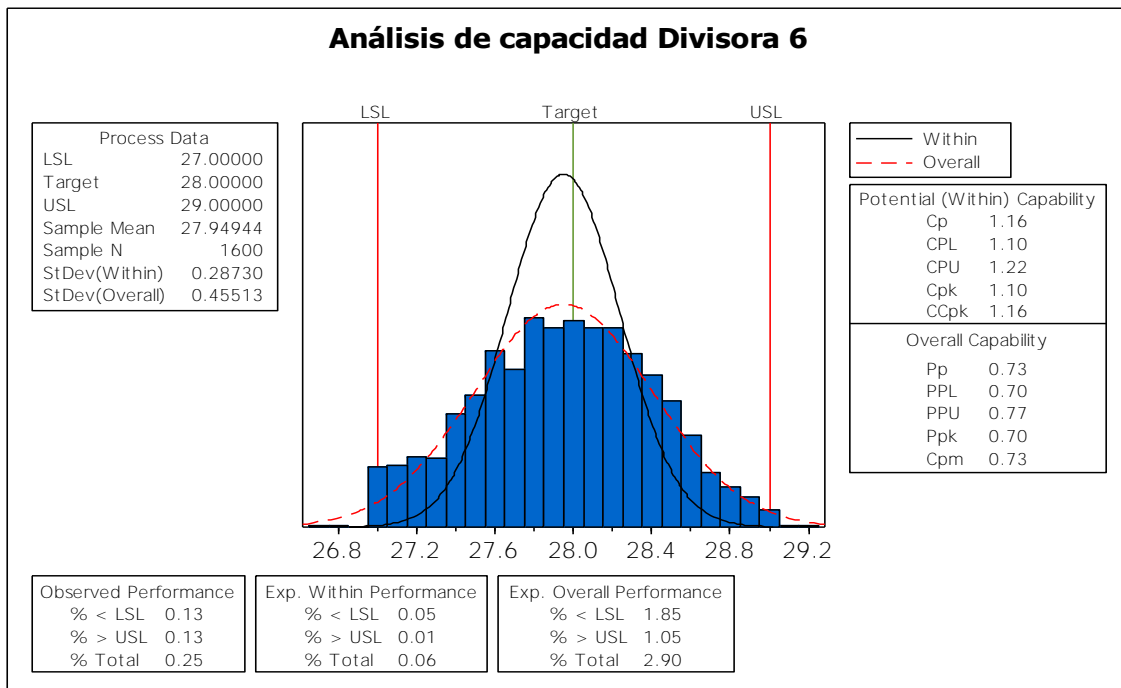
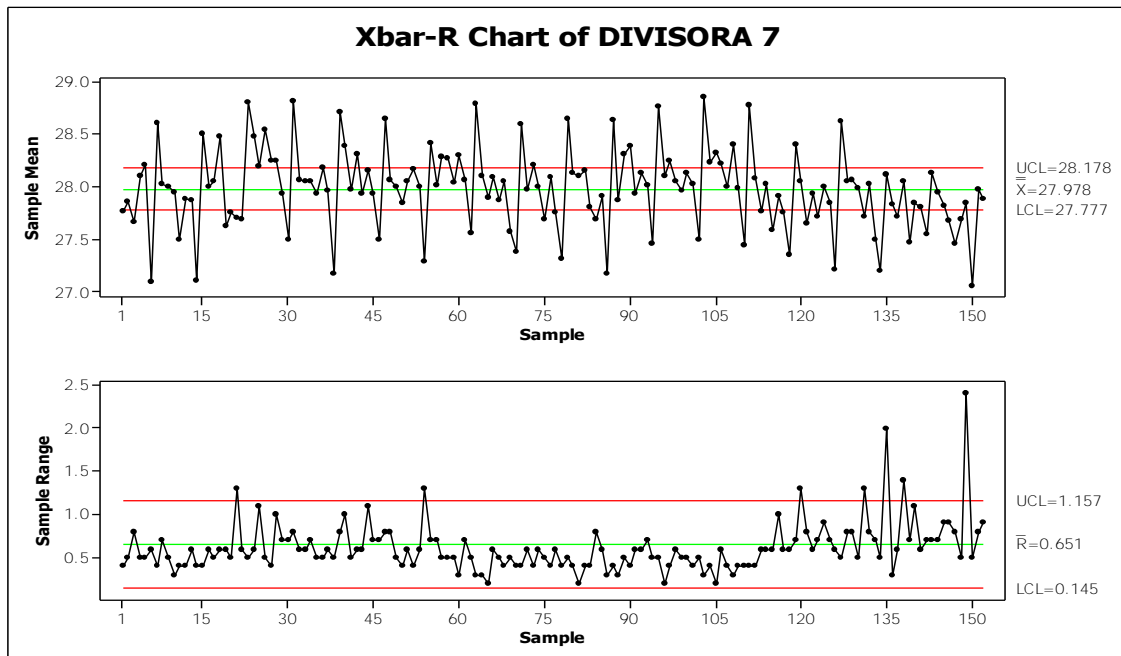


Figura. Análisis de capacidad de procesos en Divisora 6.

Se muestra el Análisis de Capacidad de Proceso, donde se observa que una buena parte del producto, el 0.13 %, está por encima del Límite Superior de Especificación (LSE) y 0.13 % por debajo del Límite Inferior de Especificación; esta gráfica presenta la forma de una campana con una media de 27.949 g, 0.051 g menos que el peso objetivo (28 g).

Se tiene un Cp de 1.16, indicando que el proceso tiene capacidad suficiente. Pero se debe utilizar el segundo coeficiente que muestra claramente que el proceso tiene la capacidad de maquinaria necesaria, este coeficiente es el C_{pk} , cuyo valor es de 1.1, con una desviación estándar de 0.455.

Al ser los resultados poco confiables y nos pueden llevar a conclusiones equivocadas ya que el proceso no se encuentra bajo control estadístico y por lo mismo no se puede predecir el comportamiento del mismo, sirve para visualizar mejor el proceso y es un indicador de en qué condiciones se inició el proyecto.



Gráfica de Control X-R de peso en Divisora 7

En la gráfica anterior se observa un proceso que no está en control ya que existen causas especiales de variación como son:

- Puntos fuera de los límites de control.
- Carreras (al menos 7 puntos sucesivos están del mismo lado de la línea central).
- Tendencias ascendentes y descendentes.

Se visualiza en la gráfica que el promedio de dividido es de 27.978 g. Existe una diferencia de 0.022 g por “bolita” de dividido comparándolo con el peso objetivo ó límite central de especificación que es de 28 g. Los resultados de límites superior de control da .178 g de más (28.178 g) e inferior de control da 0.223 g de menos (27.777 g).

En la gráfica de Rangos existen 7 datos de 152 fuera de los límites de control, en cambio en la gráfica de promedios existen 78 datos fuera, lo que indica que los resultados entre los pesos de una tortilla a otra presentan poca variabilidad, no así en el promedio de los pesos de un subgrupo a otro

La cantidad de datos fuera de los límites representa el 51.31% del total de datos, lo que significa que este pistón esta fuera de control estadístico ya que bibliográficamente se recomienda un porcentaje de alrededor del 30% de datos fuera de los limites para considerarlo en control estadístico, con respecto a la cantidad de puntos requeridos para analizar un gráfico de control. Los límites de control en el caso del rango son de 1.157 en el LSC y 0.145 en el LIC lo que representa una mayor variabilidad entre los datos recolectados de la permitida (± 1).

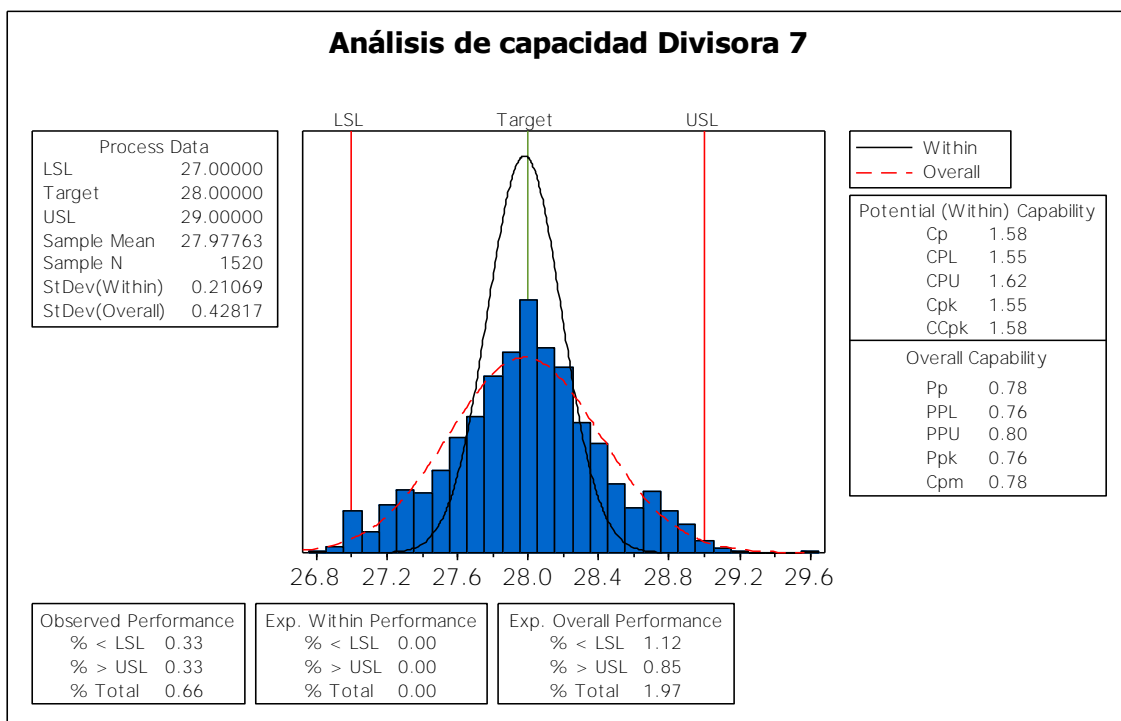


Figura. Análisis de capacidad de procesos en Divisora 7.

Se muestra en la **figura** el Análisis de Capacidad de Proceso, donde se observa que una buena parte del producto, el 0.33 %, esta por encima del Límite Superior de Especificación (LSE) y 0.33 % por debajo del Limite Inferior de Especificación; esta

gráfica presenta la forma de una campana con una media de 27.977 g, 0.023 g menos que el peso objetivo (28 g).

Se tiene un C_p de 1.58, indicando que el proceso tiene capacidad suficiente. Pero se debe utilizar el segundo coeficiente que muestra claramente que el proceso tiene la capacidad de maquinaria necesaria, este coeficiente es el C_{p_k} , cuyo valor es de 1.55, con una desviación estándar de 0.428.

Estos resultados nos pueden llevar a conclusiones equivocadas ya que el proceso no se encuentra bajo control estadístico y por lo mismo no se puede predecir el comportamiento del mismo, sirve para visualizar mejor el proceso y es un indicador de en qué condiciones se inició el proyecto.

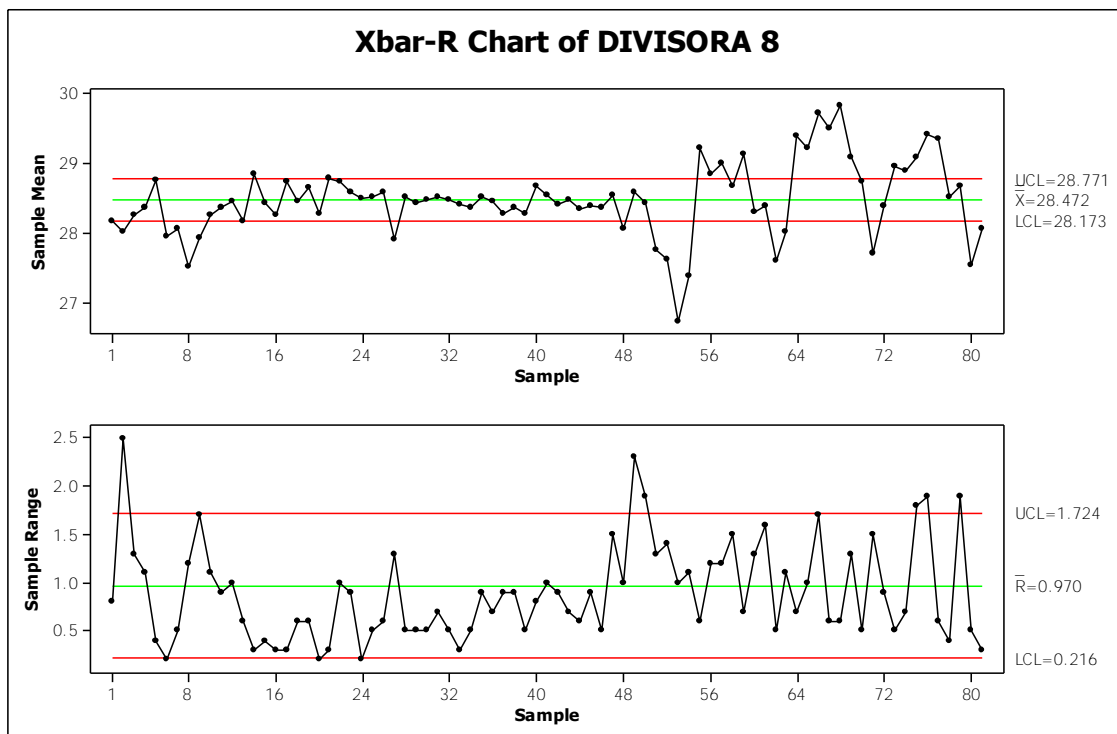


Figura. Gráfica de Control X-R de peso en Divisora 8

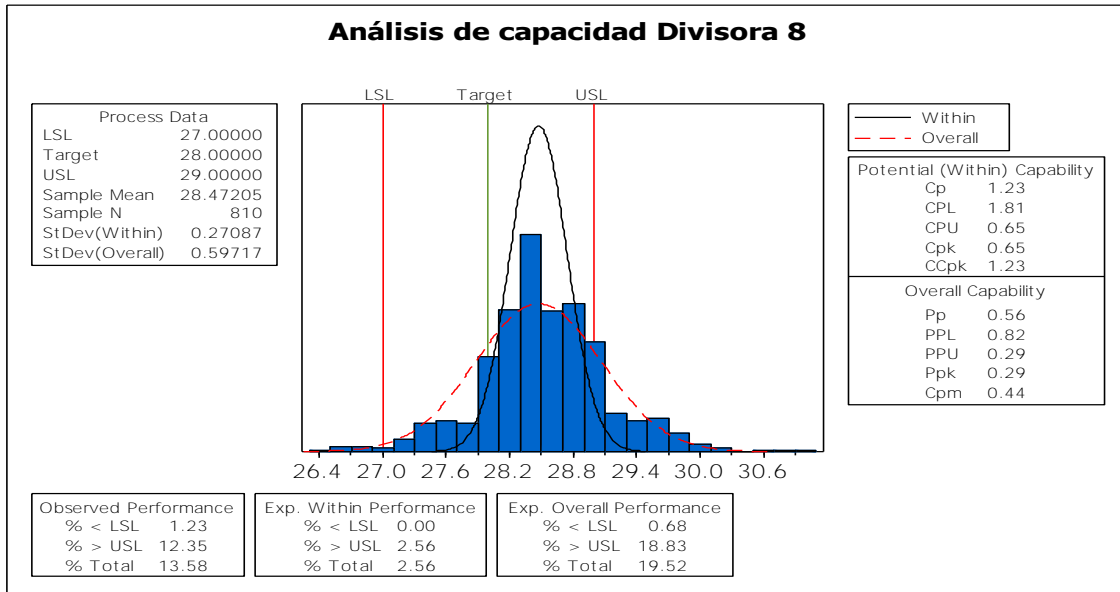
En la figura anterior se observa un proceso que no está en control ya que existen causas especiales de variación como son:

- Puntos fuera de los límites de control.
- Carreras (al menos 7 puntos sucesivos están del mismo lado de la línea central).
- Tendencias ascendentes y descendentes.

Se visualiza en la gráfica que el promedio de dividido es de 28.472 g. Existe una diferencia de 0.472 g por “bolita” de dividido comparándolo con el peso objetivo ó límite central de especificación que es de 28 g. Los resultados de límites superior de control da .771 g de más (28.71 g) e inferior de control da 0.173 g de más (28.173 g).

En la gráfica de Rangos existen 6 datos de 81 fuera de los límites de control, en cambio en la gráfica de promedios existen 33 datos fuera, lo que indica que los resultados entre los pesos de una tortilla a otra presentan poca variabilidad, no así en el promedio de los pesos de un subgrupo a otro

La cantidad de datos fuera de los límites representa el 40.74 % del total de datos, lo que significa que este pistón esta fuera de control estadístico ya que bibliográficamente se recomienda un porcentaje de alrededor del 30% de datos fuera de los limites para considerarlo en control estadístico, con respecto a la cantidad de puntos requeridos para analizar un gráfico de control. Los límites de control en el caso del rango son de 1.724 en el LSC y 0.216 en el LIC lo que representa una mayor variabilidad entre los datos recolectados de la permitida (± 1).

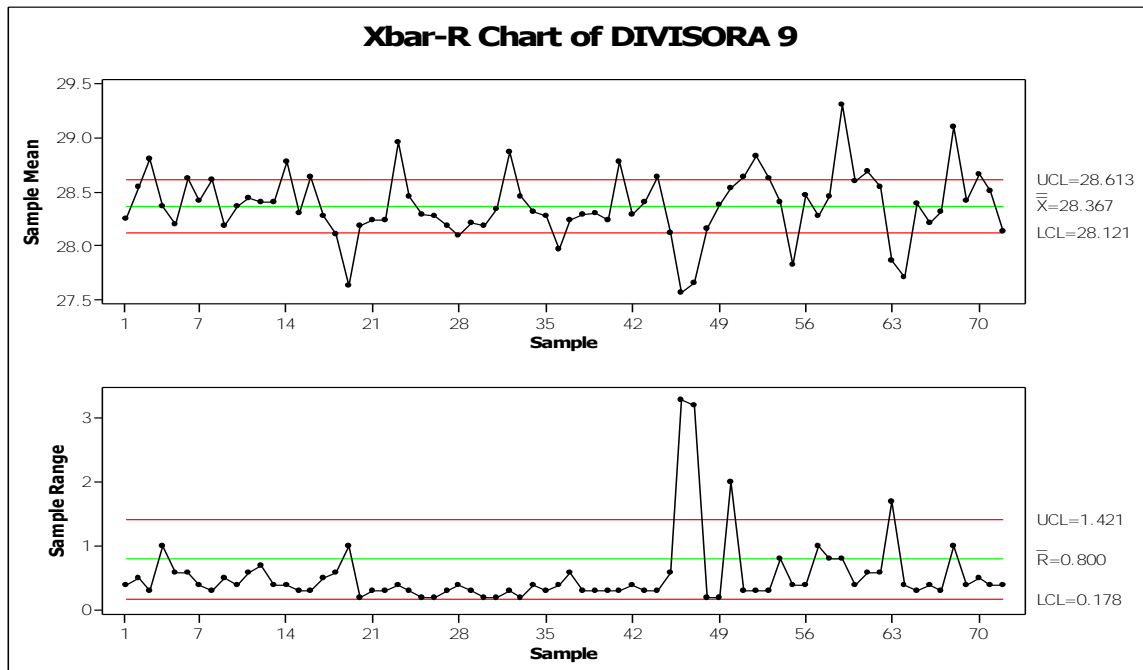


Análisis de capacidad de procesos en Divisora 8.

Se muestra el Análisis de Capacidad de Proceso, donde se observa que una buena parte del producto, el 12.35 %, esta por encima del Límite Superior de Especificación (LSE) y 1.23 % por debajo del Limite Inferior de Especificación; esta gráfica presenta la forma de una campana con una media de 28.47 g, 0.47 g más que el peso objetivo (28 g).

Se tiene un Cp de 1.23, indicando que el proceso tiene capacidad suficiente. Pero tanto se debe utilizar el segundo coeficiente que muestra claramente que el proceso tiene la capacidad de maquinaria necesaria, este coeficiente es el C_{pk} , cuyo valor es de 0.65, con una desviación estándar de 0.597.

Podemos llegar a conclusiones equivocadas con estos resultados, ya que el proceso no se encuentra bajo control estadístico y por lo mismo no se puede predecir el comportamiento del mismo, sirve para visualizar mejor el proceso y es un indicador de en que condiciones se inició el proyecto.



Gráfica de Control X-R de peso en Divisora 9

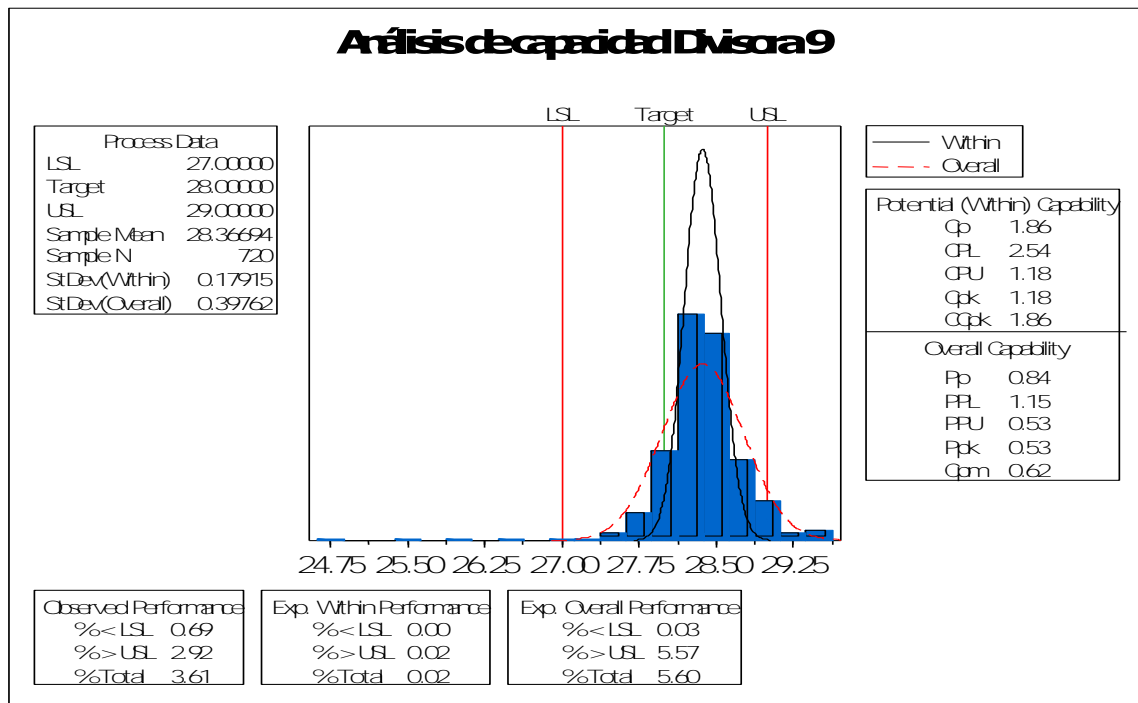
En la figura anterior se observa un proceso que no está en control ya que existen causas especiales de variación como son:

- Puntos fuera de los límites de control.
- Carreras (al menos 7 puntos sucesivos están del mismo lado de la línea central).
- Tendencias ascendentes y descendentes.

Se visualiza en la gráfica que el promedio de dividido es de 28.367 g. Existe una diferencia de 0.367 g por “bolita” de dividido comparándolo con el peso objetivo ó límite central de especificación que es de 28 g. Los resultados de límites superior de control da .613 g de más (28.613 g) e inferior de control da 0.121 g de más (28.121 g).

En la gráfica de Rangos existen 4 datos de 72 fuera de los límites de control, en cambio en la gráfica de promedios existen 23 datos fuera, lo que indica que los resultados entre los pesos de una tortilla a otra presentan poca variabilidad, no así en el promedio de los pesos de un subgrupo a otro

La cantidad de datos fuera de los límites representa el 31.94 % del total de datos, lo que significa que este pistón está fuera de control estadístico ya que bibliográficamente se recomienda un porcentaje de alrededor del 30% de datos fuera de los límites para considerarlo en control estadístico, con respecto a la cantidad de puntos requeridos para analizar un gráfico de control. Los límites de control en el caso del rango son de 1.421 en el LSC y 0.178 en el LIC lo que representa una mayor variabilidad entre los datos recolectados de la permitida (± 1).



Análisis de capacidad de procesos en Divisor 9.

Se muestra en la figura anterior el Análisis de Capacidad de Proceso, donde se observa que una buena parte del producto, el 2.92 %, está por encima del Límite Superior de Especificación (LSE) y 0.69 % por debajo del Límite Inferior de Especificación; esta gráfica presenta la forma de una campana con una media de 28.366 g, 0.366 g más que el peso objetivo (28 g).

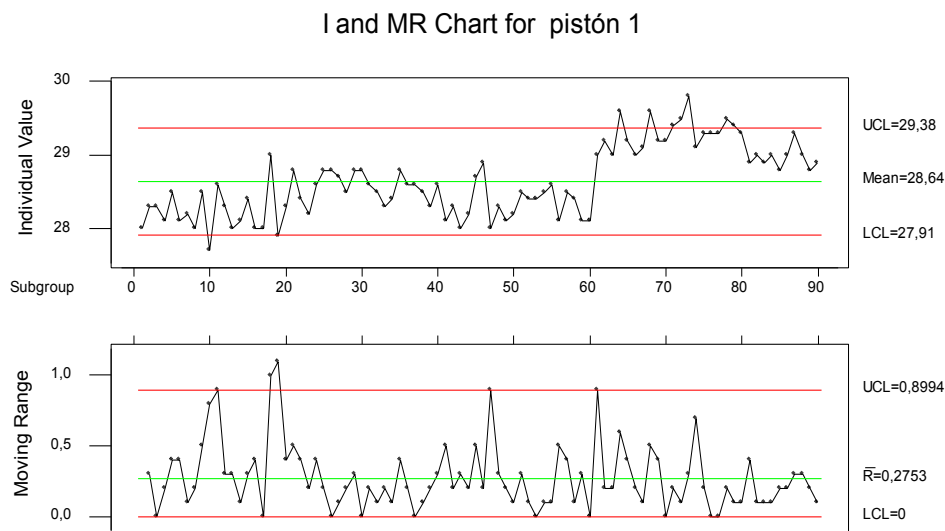
Se tiene un Cp de 1.86, indicando que el proceso tiene capacidad suficiente. Por lo tanto se debe utilizar el segundo coeficiente que muestra claramente que el proceso

tiene la capacidad de maquinaria necesaria, este coeficiente es el Cp_k , cuyo valor es de 1.18, con una desviación estándar de 0.397.

Ya que el proceso no se encuentra bajo control estadístico y por lo mismo no se puede predecir el comportamiento del mismo estos resultados nos pueden llevar a conclusiones equivocadas, pero sirven para visualizar mejor el proceso y es un indicador de en que condiciones se inició el proyecto.

ANEXO 2. Resultados de los gráficos de control y capacidad del proceso de los pistones de la divisora 8.

Los resultados obtenidos en las gráficas de control, y en los análisis de Capacidad del Proceso donde se muestra un gráfico de control de Medias y Rangos en el proceso de dividido así como el análisis de Capacidad de Proceso con los datos que se recopilaron de cada pistón de la divisora 8.



Gráfica de Control X-R de peso en el Pistón 1 de la Divisora 8

En la figura anterior se observa un proceso que no está en control ya que existen causas especiales de variación como son:

- Carreras (al menos 7 puntos sucesivos están del mismo lado de la línea central).
- Tendencias ascendentes y descendentes.

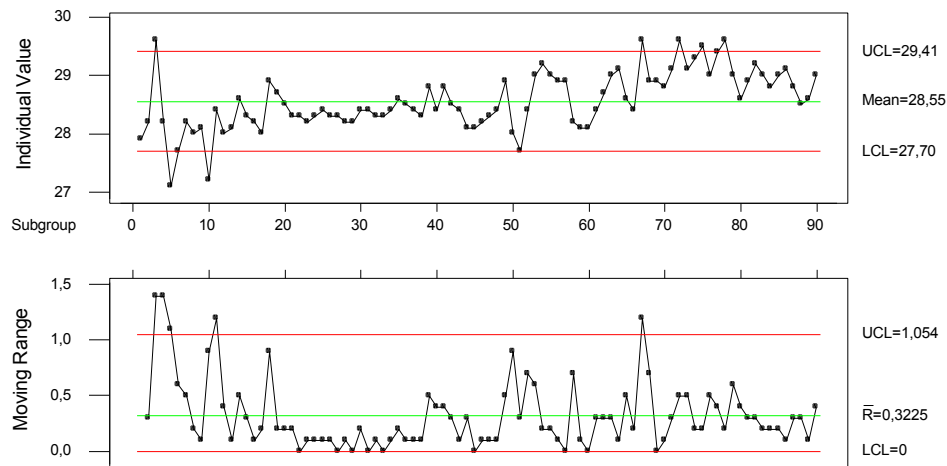
Se visualiza en la gráfica que el promedio de dividido es de 28.64 g. Existe una diferencia de 0.64 g por “bolita” de dividido comparándolo con el peso objetivo ó límite central de especificación que es de 28 g. Los resultados de límites superior de control da 1.38 g de más (29.38 g) e inferior de control da 0.91 g de más (27.91 g).

En la gráfica de Rangos existen 5 datos de 89 fuera de los límites de control, en cambio en la gráfica de promedios existen 9 datos fuera, lo que indica que los resultados entre los pesos de una tortilla a otra presentan poca variabilidad, no así en el promedio de los pesos de un subgrupo a otro.

Por otro lado, se visualiza que a partir del dato 60 existe un incremento en el peso en la grafica de promedios pasando la mayor parte de los datos a la parte superior de la línea promedio o línea central de control, esto puede ser debido al cambio de turno en los operadores de la divisora.

La cantidad de datos fuera de los límites en la grafica de promedios representa el 16.89 % del total de datos, lo que sugiere que este pistón esta dentro de control estadístico ya que bibliográficamente (ya que la mayoría de los autores recomienda como mínimo 15 datos en las graficas, y de estos máximo 5 pueden estar fuera de los limites de control) se recomienda un porcentaje de alrededor del 30% de datos dentro de los limites para considerarlo en control estadístico, con respecto a la cantidad de puntos requeridos para analizar un gráfico de control; pero también se tienen que contemplar otros argumentos como son las carreras y las tendencias por lo que se concluye que este pistón no esta en control estadístico. Los límites de control en el caso del rango son de 0.8994 en el LSC y 0 en el LIC lo que representa una variabilidad bastante aceptable entre los datos recolectados ya que la variabilidad permitida es de (± 1) ; pero tiene el mismo caso que en la grafica de promedios, es decir, existen corridas y tendencias.

I and MR Chart for pistón 2



Gráfica de Control X-R de peso en el Pistón 2 de la Divisora 8

En la figura anterior referente al pistón 2 de la divisora 8 se observa un proceso que no está en control ya que existen causas especiales de variación como son:

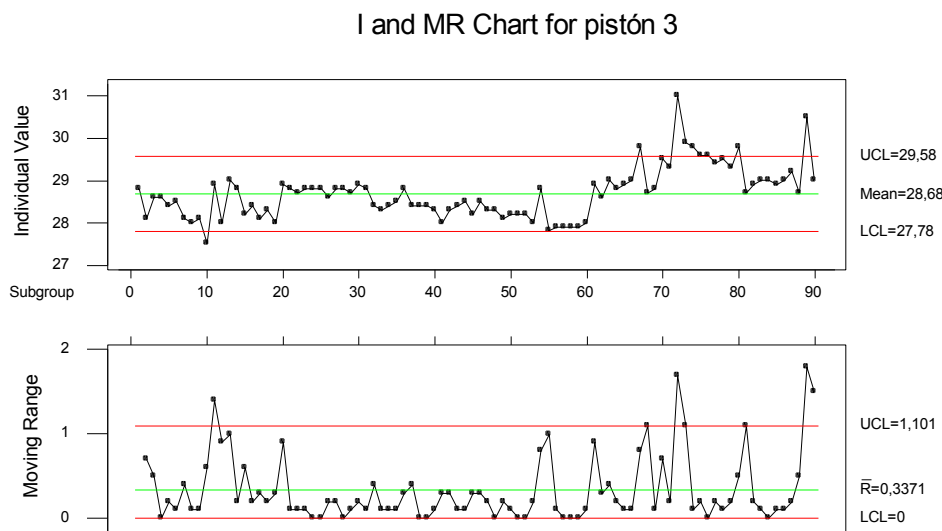
- Puntos fuera de los límites de control.
- Carreras (al menos 7 puntos sucesivos están del mismo lado de la línea central).
- Tendencias ascendentes y descendentes.

Se observa en la gráfica que el promedio de dividido es de 28.55 g. Existe una diferencia de 0.55 g por “bolita” de dividido comparándolo con el peso objetivo ó límite central de especificación que es de 28 g. Los resultados de límites superior de control da 1.41 g de más (29.41 g) e inferior de control da 0.70 g de más (27.70 g).

En la gráfica de Rangos existen 5 datos de 89 fuera de los límites de control, en cambio en la gráfica de promedios existen 10 datos fuera, lo que indica que los resultados entre los pesos de una tortilla a otra presentan poca variabilidad, no así en el promedio de los pesos de un subgrupo a otro.

Por otro lado se observa que a partir del dato 60 existe un incremento en el peso pasando la mayor parte de los datos a la parte superior de la línea promedio o línea central de control, esto puede ser debido al cambio de turno en los operadores de la divisora.

La cantidad de datos fuera de los límites representa el 11.23 % del total de datos, lo que significa que este pistón esta dentro de control estadístico ya que bibliográficamente se recomienda un porcentaje alrededor del 30% de datos fuera de los límites para considerarlo en control estadístico, con respecto a la cantidad de puntos requeridos para analizar un gráfico de control, pero también se tienen que contemplar otros argumentos como son las carreras y las tendencias por lo que se concluye que este pistón no está en control estadístico. Los límites de control en el caso del rango son de 1.054 en el LSC y 0 en el LIC lo que representa una variabilidad poco aceptable entre los datos recolectados ya que la variabilidad permitida es de (± 1).



Gráfica de Control X-R de peso en el Pistón 3 de la Divisora 8

En la figura anterior referente al pistón 3 de la divisora 8 se observa un proceso que no está en control ya que existen causas especiales de variación como son:

- Puntos fuera de los límites de control.
- Carreras (al menos 7 puntos sucesivos están del mismo lado de la línea central).
- Tendencias ascendentes y descendentes.

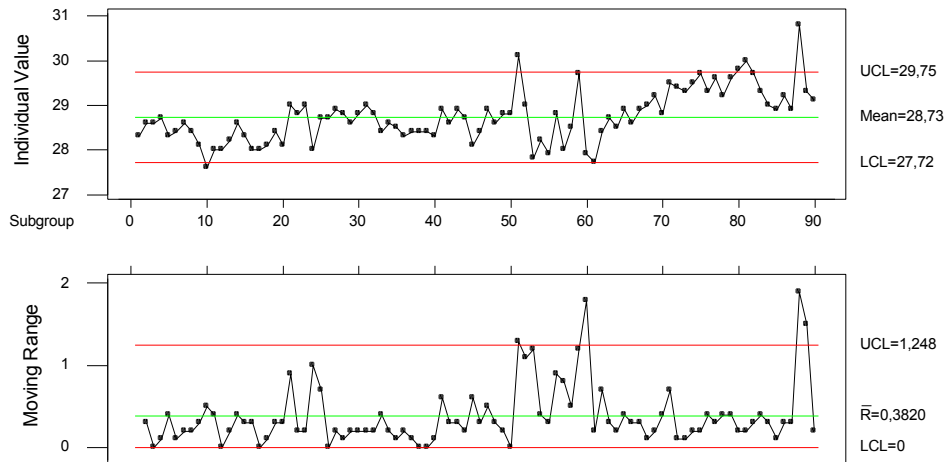
Se observa en la gráfica que el promedio de dividido es de 28.68 g. Existe una diferencia de 0.68 g por “bolita” de dividido comparándolo con el peso objetivo ó límite central de especificación que es de 28 g. Los resultados de límites superior de control da 1.58 g de más (29.58 g) e inferior de control da 0.78 g de más (27.78 g).

En la gráfica de Rangos referente al pistón 3 de la divisora 8 existen 7 datos de 89 fuera de los límites de control, en cambio en la gráfica de promedios existen 10 datos fuera, lo que indica que los resultados entre los pesos de una tortilla a otra presentan poca variabilidad, no así en el promedio de los pesos de un subgrupo a otro.

Por otro lado se observa que a partir del dato 60 existe un incremento en el peso pasando la mayor parte de los datos a la parte superior de la línea promedio o línea central de control, esto puede ser debido al cambio de turno en los operadores de la divisora.

La cantidad de datos fuera de los límites representa el 11.23 % del total de datos, lo que significa que este pistón esta dentro de control estadístico ya que bibliográficamente se recomienda un porcentaje de alrededor del 30% de datos fuera de los limites para considerarlo en control estadístico, con respecto a la cantidad de puntos requeridos para analizar un gráfico de control, pero también se tienen que contemplar otros argumentos como son las carreras y las tendencias por lo que se concluye que este pistón no esta en control estadístico. Los límites de control en el caso del rango son de 1.101 en el LSC y 0 en el LIC lo que representa una variabilidad poco aceptable entre los datos recolectados ya que la variabilidad permitida es de (± 1).

I and MR Chart for pistón 4



Gráfica de Control X-R de peso en el Pistón 4 de la Divisora 8

En la figura anterior referente al pistón 4 de la divisora 8 se observa un proceso que no está en control ya que existen causas especiales de variación como son:

- Puntos fuera de los límites de control.
- Carreras (al menos 7 puntos sucesivos están del mismo lado de la línea central).
- Tendencias ascendentes y descendentes.

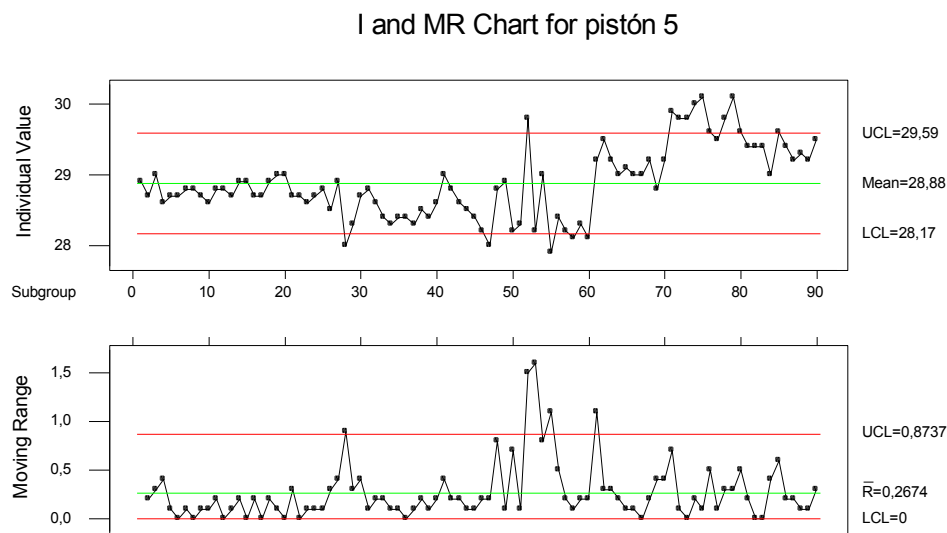
Se observa en la gráfica que el promedio de dividido es de 28.73 g. Existe una diferencia de 0.73 g por “bolita” de dividido comparándolo con el peso objetivo ó límite central de especificación que es de 28 g. Los resultados de límites superior de control da 1.75 g de más (29.75 g) e inferior de control da 0.72 g de más (27.72 g).

En la gráfica de Rangos referente al pistón 4 de la divisora 8 existen 4 datos de 89 fuera de los límites de control, en cambio en la gráfica de promedios existen 9 datos fuera, lo que indica que los resultados entre los pesos de una tortilla a otra presentan poca variabilidad, no así en el promedio de los pesos de un subgrupo a otro.

Por otro lado se observa que a partir del dato 60 existe un incremento en el peso pasando la mayor parte de los datos a la parte superior de la línea promedio o línea

central de control, esto puede ser debido al cambio de turno en los operadores de la divisora.

La cantidad de datos fuera de los límites representa el 10.11 % del total de datos, lo que podría indicar que este pistón esta dentro de control estadístico ya que bibliográficamente se recomienda un porcentaje de no más del 30% de datos fuera de los límites para considerarlo en control estadístico, con respecto a la cantidad de puntos requeridos para analizar un gráfico de control, pero también se tienen que contemplar otros argumentos como son las carreras y las tendencias por lo que se concluye que este pistón no está en control estadístico. Los límites de control en el caso del rango son de 1.248 en el LSC y 0 en el LIC lo que representa una variabilidad poco aceptable entre los datos recolectados ya que la variabilidad permitida es de (± 1).



Gráfica de Control X-R de peso en el Pistón 5 de la Divisora 8

En la figura anterior referente al pistón 5 de la divisora 8 se observa un proceso que no está en control ya que existen causas especiales de variación como son:

- Puntos fuera de los límites de control.
- Carreras (al menos 7 puntos sucesivos están del mismo lado de la línea central).
- Tendencias ascendentes y descendentes.

Se observa en la gráfica que el promedio de dividido es de 28.88 g. Existe una diferencia de 0.73 g por “bolita” de dividido comparándolo con el peso objetivo ó límite central de especificación que es de 28 g. Los resultados de límites superior de control da 1.59 g de más (29.59 g) e inferior de control da 1.17 g de más (28.17 g).

En la gráfica de Rangos existen 5 datos de 89 fuera de los límites de control, en cambio en la gráfica de promedios existen 16 datos fuera, lo que indica que los resultados entre los pesos de una tortilla a otra presentan poca variabilidad, no así en el promedio de los pesos de un subgrupo a otro.

Por otro lado se observa que a partir del dato 60 existe un incremento en el peso pasando la mayor parte de los datos a la parte superior de la línea promedio o línea central de control, esto puede ser debido al cambio de turno en los operadores de la divisora.

La cantidad de datos fuera de los límites representa el 17.97 % del total de datos, lo que podría indicar que este pistón esta dentro de control estadístico ya que bibliográficamente se recomienda un porcentaje máximo del 30% de datos fuera de los límites para considerarlo en control estadístico, con respecto a la cantidad de puntos requeridos para analizar un gráfico de control, pero también se tienen que contemplar otros argumentos como son las carreras y las tendencias por lo que se concluye que este pistón no esta en control estadístico. Los límites de control en el caso del rango son de 0.8737 en el LSC y 0 en el LIC lo que representa una variabilidad aceptable entre los datos recolectados ya que la variabilidad permitida es de (± 1).

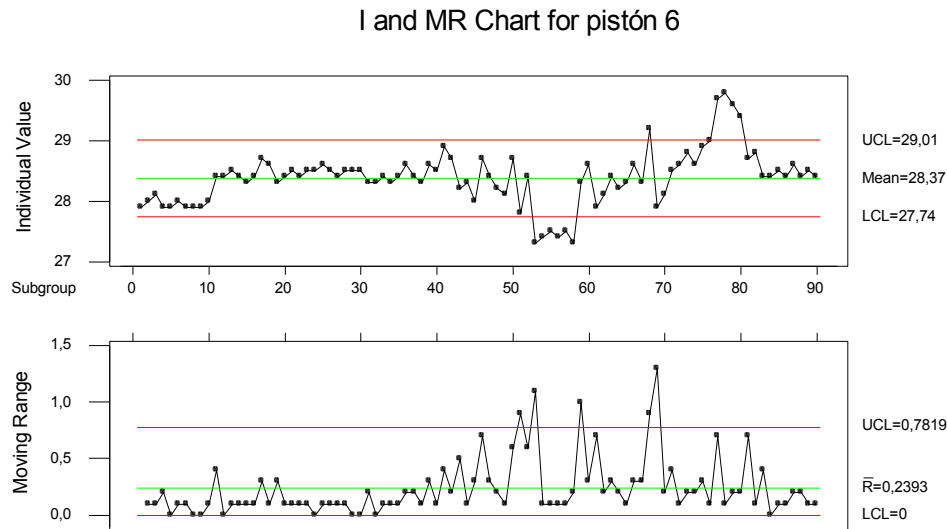


Figura. Gráfica de Control X-R de peso en el Pistón 6 de la Divisora 8

En la figura anterior referente a el pistón 6 de la divisora 8 se observa un proceso que no está en control ya que existen causas especiales de variación como son:

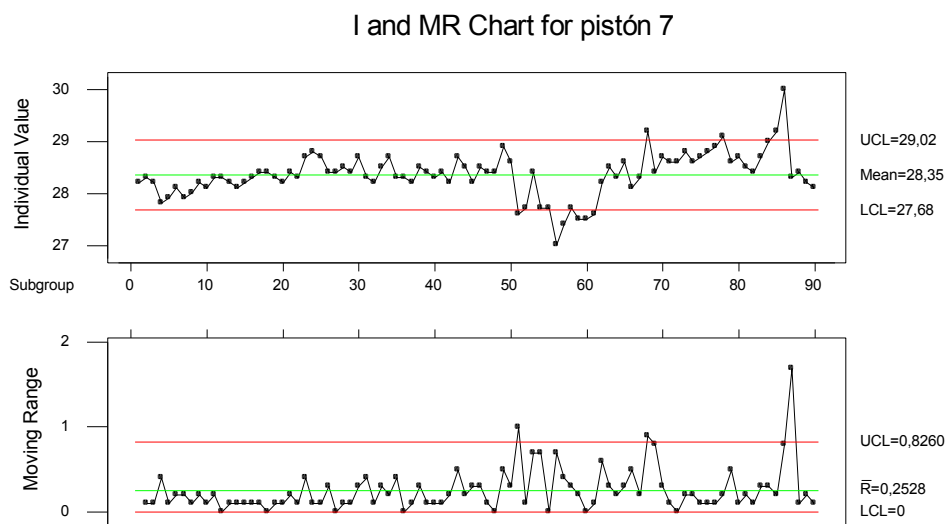
- Puntos fuera de los límites de control.
- Carreras (al menos 7 puntos sucesivos están del mismo lado de la línea central).
- Tendencias ascendentes y descendentes.

Se observa en la gráfica que el promedio de dividido es de 28.37 g. Existe una diferencia de 0.37 g por “bolita” de dividido comparándolo con el peso objetivo ó límite central de especificación que es de 28 g. Los resultados de límites superior de control da 1.01 g de más (29.01 g) e inferior de control da 0.74 g de más (27.74 g).

En la gráfica de Rangos referente al pistón 6 de la divisora 8 existen 5 datos de 89 fuera de los límites de control, en cambio en la gráfica de promedios existen 12 datos fuera, lo que indica que los resultados entre los pesos de una tortilla a otra presentan poca variabilidad, no así en el promedio de los pesos de un subgrupo a otro.

Por otro lado se observa que a partir del dato 60 existe un incremento en el peso pasando la mayor parte de los datos a la parte superior de la línea promedio o línea central de control, esto puede ser debido al cambio de turno en los operadores de la divisora.

La cantidad de datos fuera de los límites representa el 13.48 % del total de datos, lo que podría indicar que este pistón esta dentro de control estadístico ya que bibliográficamente se recomienda un porcentaje menor del 30% de datos fuera de los límites para considerarlo en control estadístico, con respecto a la cantidad de puntos requeridos para analizar un gráfico de control, pero también se tienen que contemplar otros argumentos como son las carreras y las tendencias por lo que se concluye que este pistón no esta en control estadístico. Los límites de control en el caso del rango son de 0.7819 en el LSC y 0 en el LIC lo que representa una variabilidad aceptable entre los datos recolectados ya que la variabilidad permitida es de (± 1).



Gráfica de Control X-R de peso en el Pistón 7 de la Divisora 8

En la figura anterior se observa un proceso que no está en control ya que existen causas especiales de variación como son:

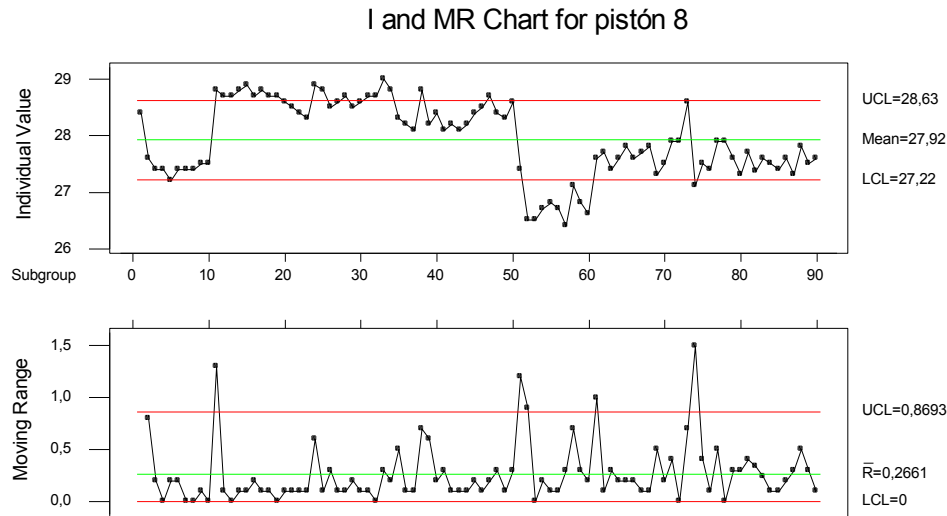
- Puntos fuera de los límites de control.
- Carreras (al menos 7 puntos sucesivos están del mismo lado de la línea central).
- Tendencias ascendentes y descendentes.

Se visualiza en la gráfica que el promedio de dividido es de 28.35 g. Existe una diferencia de 0.35 g por “bolita” de dividido comparándolo con el peso objetivo ó límite central de especificación que es de 28 g. Los resultados de límites superior de control da 1.02 g de más (29.02 g) e inferior de control da 0.68 g de más (27.68 g).

En la gráfica de Rangos existen 3 datos de 89 fuera de los límites de control, en cambio en la gráfica de promedios existen 10 datos fuera, lo que indica que los resultados entre los pesos de una tortilla a otra presentan poca variabilidad, no así en el promedio de los pesos de un subgrupo a otro.

Por otro lado se visualiza que a partir del dato 60 existe un incremento en el peso pasando la mayor parte de los datos a la parte superior de la línea promedio o línea central de control, esto puede ser debido al cambio de turno en los operadores de la divisora.

La cantidad de datos fuera de los límites representa el 11.23 % del total de datos, lo que podría indicar que este pistón esta dentro de control estadístico ya que bibliográficamente se recomienda un porcentaje máximo del 30% de datos fuera de los límites para considerarlo en control estadístico, con respecto a la cantidad de puntos requeridos para analizar un gráfico de control, pero también se tienen que contemplar otros argumentos como son las carreras y las tendencias por lo que se concluye que este pistón no está en control estadístico. Los límites de control en el caso del rango son de 0.8260 en el LSC y 0 en el LIC lo que representa una variabilidad aceptable entre los datos recolectados ya que la variabilidad permitida es de (± 1).



Gráfica de Control X-R de peso en el Pistón 8 de la Divisora 8

En la figura anterior referente al pistón 8 de la divisora 8 se observa un proceso que no está en control ya que existen causas especiales de variación como son:

- Puntos fuera de los límites de control.
- Carreras (al menos 7 puntos sucesivos están del mismo lado de la línea central).
- Tendencias ascendentes y descendentes.

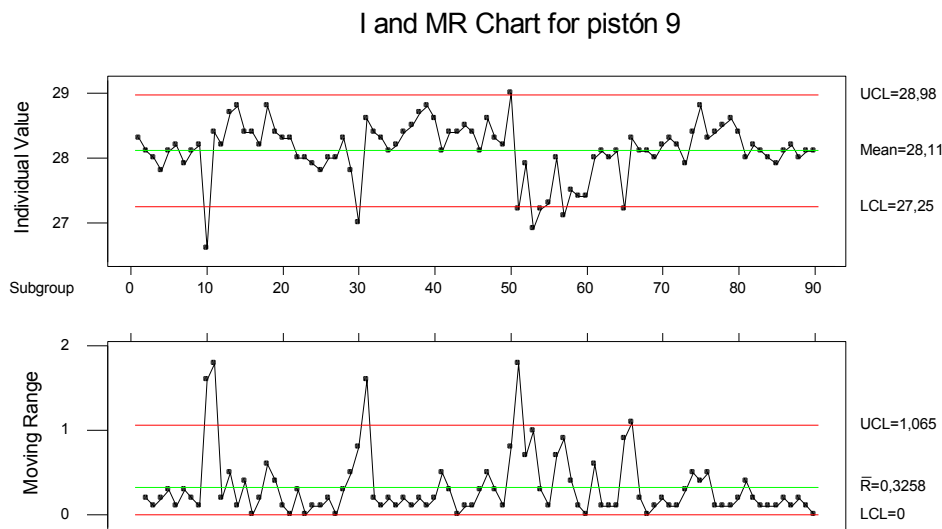
Se visualiza en la gráfica que el promedio de dividido es de 27.92 g. Existe una diferencia de 0.08 g por “bolita” de dividido comparándolo con el peso objetivo ó límite central de especificación que es de 28 g. Los resultados de límites superior de control da 0.37 g menos (28.63 g) e inferior de control da 0.22 g de más (27.22 g).

En la gráfica de Rangos existen 5 datos de 89 fuera de los límites de control, en cambio en la gráfica de promedios existen 34 datos fuera, lo que indica que los resultados entre los pesos de una tortilla a otra presentan poca variabilidad, no así en el promedio de los pesos de un subgrupo a otro.

Por otro lado se visualiza que a partir del dato 50 existe un disminución en el peso pasando la mayor parte de los datos a la parte inferior de la línea promedio o línea

central de control, esto puede ser debido al cambio de turno en los operadores de la divisora.

La cantidad de datos fuera de los límites representa el 38.20 % del total de datos, lo que significa que este pistón está fuera de control estadístico ya que bibliográficamente se recomienda un porcentaje menor del 30% de datos fuera de los límites para considerarlo en control estadístico, con respecto a la cantidad de puntos requeridos para analizar un gráfico de control, aunado a esto se tienen que contemplar otros argumentos como son las carreras y las tendencias por lo que se concluye que este pistón no está en control estadístico. Los límites de control en el caso del rango son de 0.8693 en el LSC y 0 en el LIC lo que representa una variabilidad aceptable entre los datos recolectados ya que la variabilidad permitida es de (± 1).



Gráfica de Control X-R de peso en el Pistón 9 de la Divisora 8

En la figura anterior referente al pistón 9 de la divisora 8 se observa un proceso que no está en control ya que existen causas especiales de variación como son:

- Puntos fuera de los límites de control.
- Carreras (al menos 7 puntos sucesivos están del mismo lado de la línea central).
- Tendencias ascendentes y descendentes.

Se visualiza en la gráfica que el promedio de dividido es de 28.11 g. Existe una diferencia de 0.11 g por “bolita” de dividido comparándolo con el peso objetivo ó límite central de especificación que es de 28 g. Los resultados de límites superior de control da 0.02 g menos (28.98 g) e inferior de control da 0.25 g de más (27.25 g).

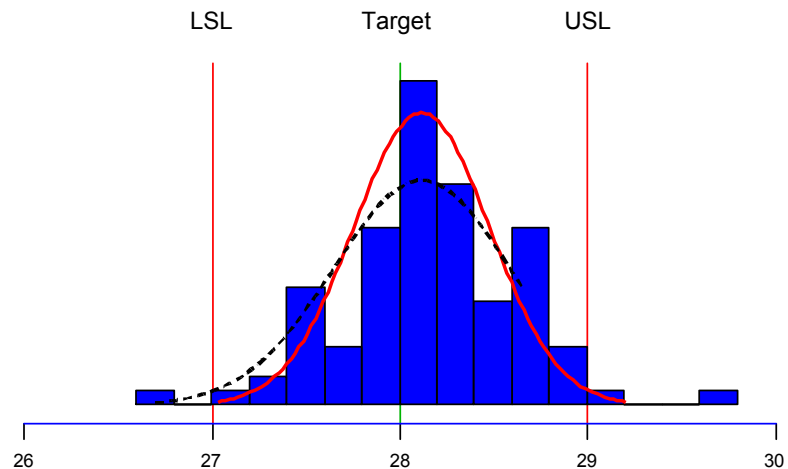
En la gráfica de Rangos existen 5 datos de 89 fuera de los límites de control, en cambio en la gráfica de promedios existen 8 datos fuera, lo que indica que los resultados entre los pesos de una tortilla a otra presentan poca variabilidad, también en el promedio de los pesos de un subgrupo a otro.

Por otro lado se visualiza que a partir del dato 50 existe un disminución en el peso pasando la mayor parte de los datos a la parte inferior de la línea promedio o línea central de control, esto puede ser debido al cambio de turno en los operadores de la divisora pero a partir del punto 66 ya se empezó a recuperar el peso y se aumento el peso hasta la parte superior del LCC.

La cantidad de datos fuera de los límites representa el 8.98 % del total de datos, lo que podría indicarnos que este pistón esta dentro de control estadístico ya que bibliográficamente se recomienda un porcentaje menor del 30% de datos fuera de los límites para considerarlo en control estadístico, con respecto a la cantidad de puntos requeridos para analizar un gráfico de control, pero también a esto se tienen que contemplar otros argumentos como son las carreras y las tendencias por lo que se concluye que este pistón no está en control estadístico.

Los límites de control en el caso del rango son de 1.065 en el LSC y 0 en el LIC lo que representa una variabilidad poco aceptable entre los datos recolectados ya que la variabilidad permitida es de (± 1).

Análisis de capacidad Pistón 1 Divisora 8



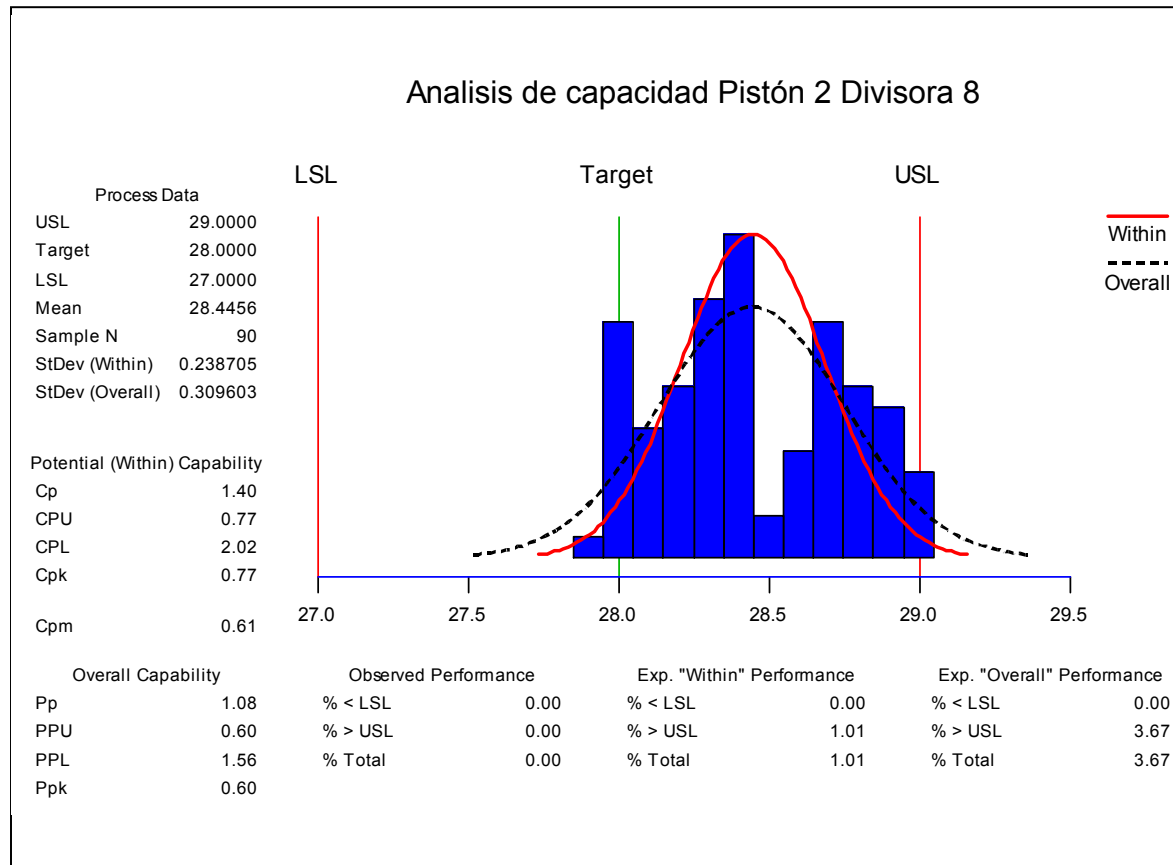
Análisis de capacidad de procesos en Pistón 1 Divisora 8.

Se muestra en la figura anterior referente al pistón 1 de la divisora 8, el Análisis de Capacidad de Proceso, donde se observa que una buena parte del producto, el 1.11 %, está por encima del Límite Superior de Especificación (LSE) y 1.11 % por debajo del Límite Inferior de Especificación; esta gráfica presenta la forma de una campana con una media de 28.1156 g, 0.1156 g más que el peso objetivo (28 g).

Se tiene un C_p de 0.92, indicando que el proceso no tiene capacidad suficiente. También se debe utilizar el segundo coeficiente que muestra que el proceso no tiene la capacidad de maquinaria necesaria, este coeficiente es el C_{pk} , cuyo valor es de 0.81, con una desviación estándar de 0.472.

Los resultados de capacidad de proceso son poco confiables y nos pueden llevar a conclusiones equivocadas ya que el proceso no se encuentra bajo control estadístico y

por lo mismo no se puede predecir el comportamiento del mismo, sirve para visualizar mejor el proceso y es un indicador de en que condiciones se encuentra el proceso.

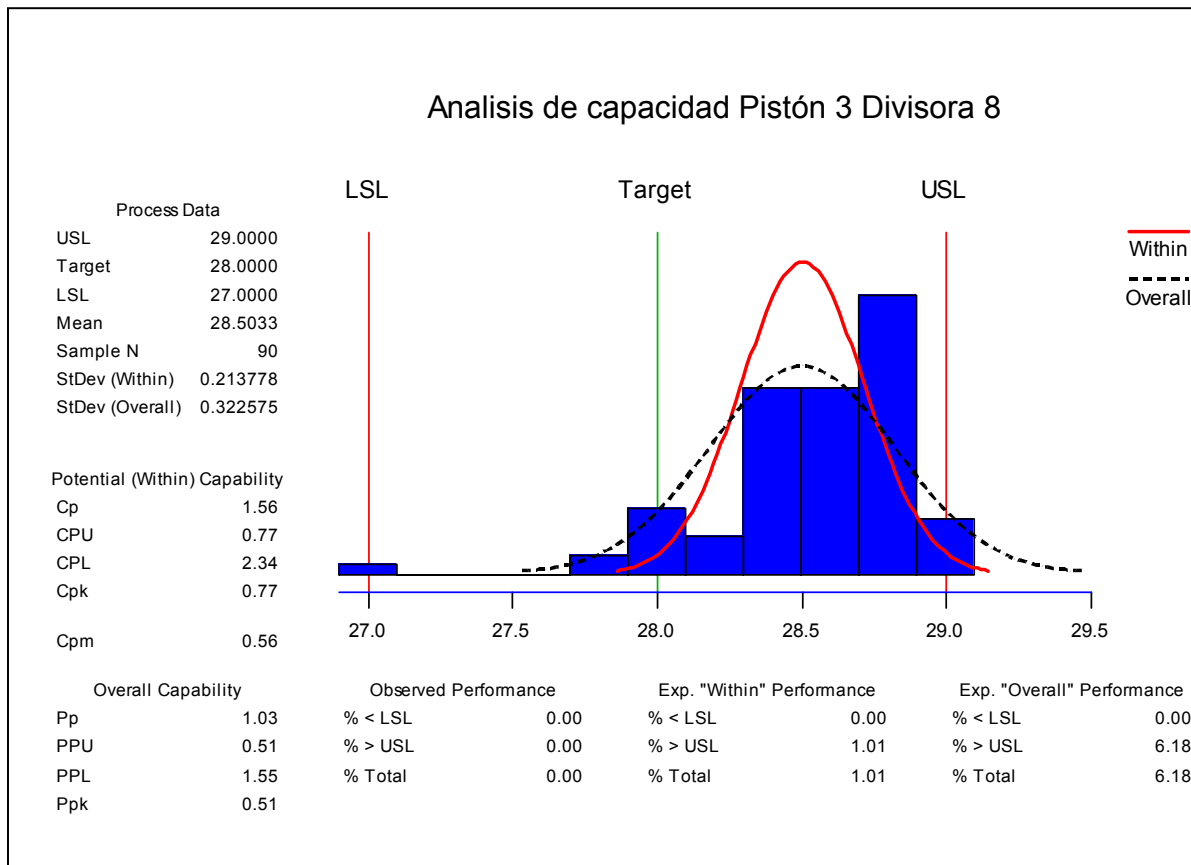


Análisis de capacidad de procesos en Pistón 2 Divisora 8.

Se muestra en la figura anterior referente al pistón 2 de la divisora 8, el Análisis de Capacidad de Proceso, donde se observa que prácticamente no existen muestras que estén fuera de los Límites de Especificación; esta gráfica presenta la forma de una campana doble evidenciando una mala distribución en los pesos; con una media de 28.4456 g, 0.4456 g mas que el peso objetivo (28 g).

Se tiene un Cp de 1.40, indicando que el proceso tiene capacidad suficiente. Pero tanto se debe utilizar el segundo coeficiente que muestra claramente que el proceso no tiene la capacidad de maquinaria necesaria y la campana esta descentrada hacia el LSE, este coeficiente es el C_{pk} , cuyo valor es de 0.77, con una desviación estándar de 0.30.

Podemos llegar a conclusiones equivocadas ya que el proceso no se encuentra bajo control estadístico y por lo mismo no se puede predecir el comportamiento del mismo, pero dichos resultados sirven para visualizar mejor el proceso y es un indicador de en que condiciones se encuentra el proceso.

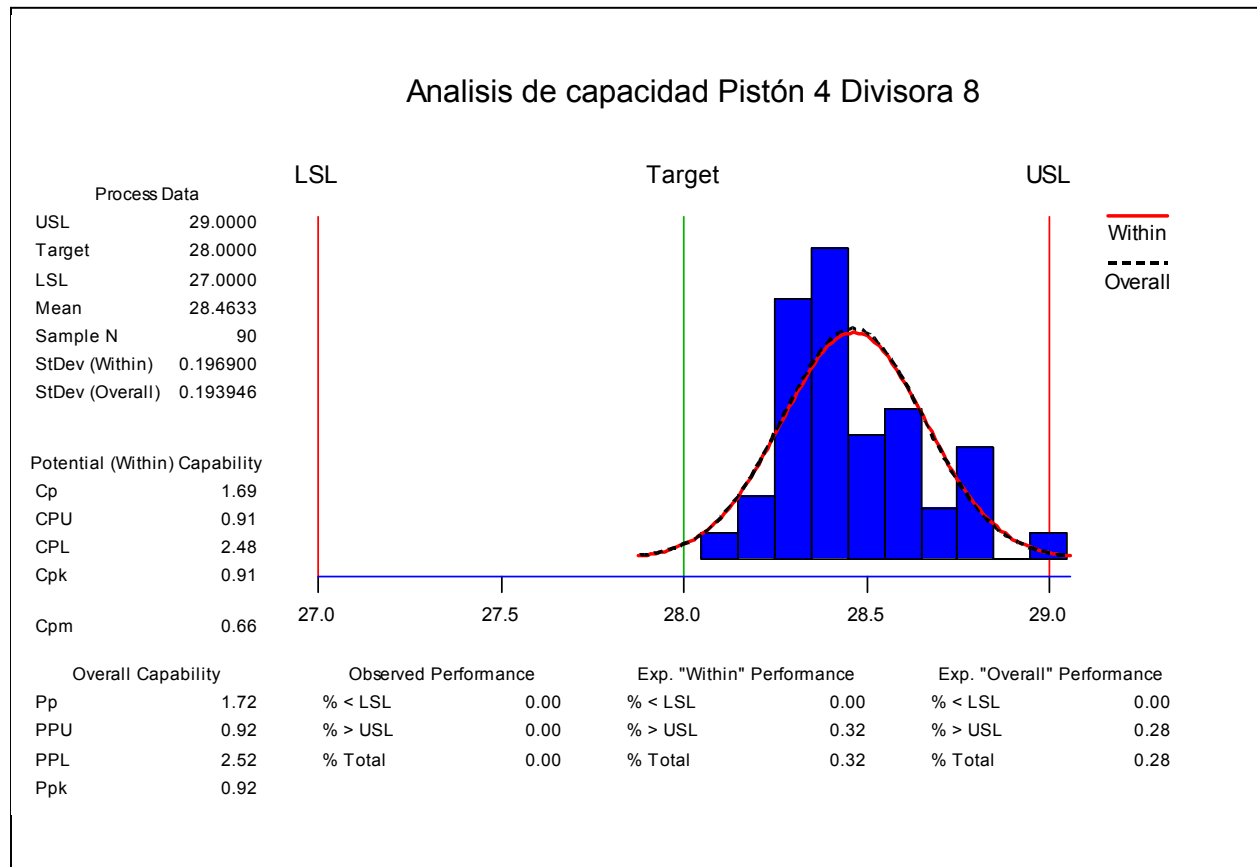


Análisis de capacidad de procesos en Pistón 3 Divisora 8.

Se muestra en la figura anterior referente al pistón 3 de la divisora 8, el Análisis de Capacidad de Proceso, donde se observa que prácticamente no existen muestras fuera de los Límites de Especificación; esta gráfica presenta la forma de una campana con una media de 28.5033 g, 0.5033 g más que el peso objetivo (28 g).

Se tiene un Cp de 1.56, indicando que el proceso tiene capacidad suficiente. Pero se debe utilizar el segundo coeficiente que muestra claramente que el proceso no tiene la capacidad de maquinaria necesaria ya que el proceso está descentrado hacia el LSE, este coeficiente es el C_{pk} , cuyo valor es de 0.77, con una desviación estándar de 0.322.

El proceso no se encuentra bajo control estadístico y por lo mismo no se puede predecir el comportamiento del mismo, en este caso sirve para visualizar mejor el proceso y es un indicador de en qué condiciones se encuentra el proceso.



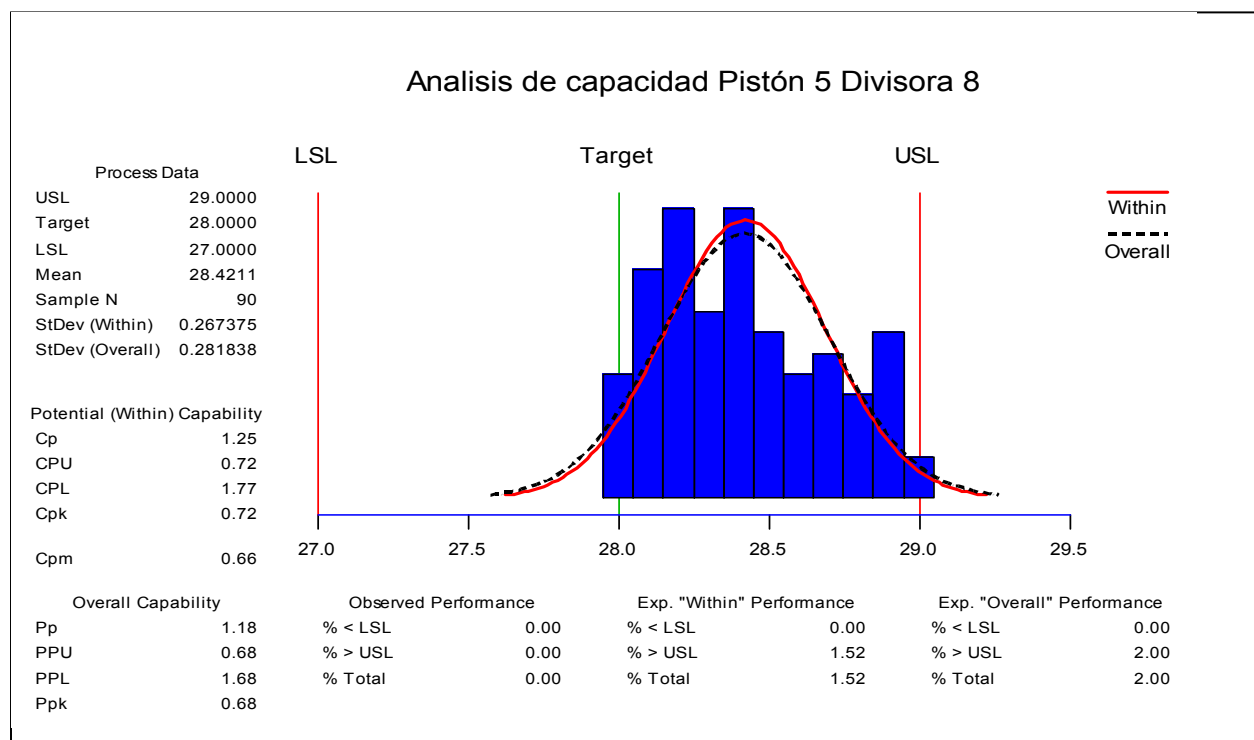
Análisis de capacidad de procesos en Pistón 4 Divisora 8.

Se muestra en la figura anterior el Análisis de Capacidad de Proceso, donde se observa que prácticamente todas las muestras están dentro de los Límites de Especificación; esta gráfica presenta la forma de una campana con una media de 28.4633 g, 0.4633 g más que el peso objetivo (28 g).

Se tiene un Cp de 1.69, indicando que el proceso no tiene la capacidad suficiente. Pero se debe utilizar el segundo coeficiente que muestra claramente que el proceso tiene la capacidad de maquinaria necesaria, este coeficiente es el C_{pk} , cuyo valor es de 0.91

indicando que el proceso está centrado pero la variación es significativa, con una desviación estándar de 0.595.

Estos resultados de capacidad de proceso sean poco confiables y por lo tanto nos pueden llevar a conclusiones equivocadas ya que el proceso no se encuentra bajo control estadístico y por lo mismo no se puede predecir el comportamiento del mismo, sirve para visualizar mejor el proceso y es un indicador de en qué condiciones se encuentra el proceso.



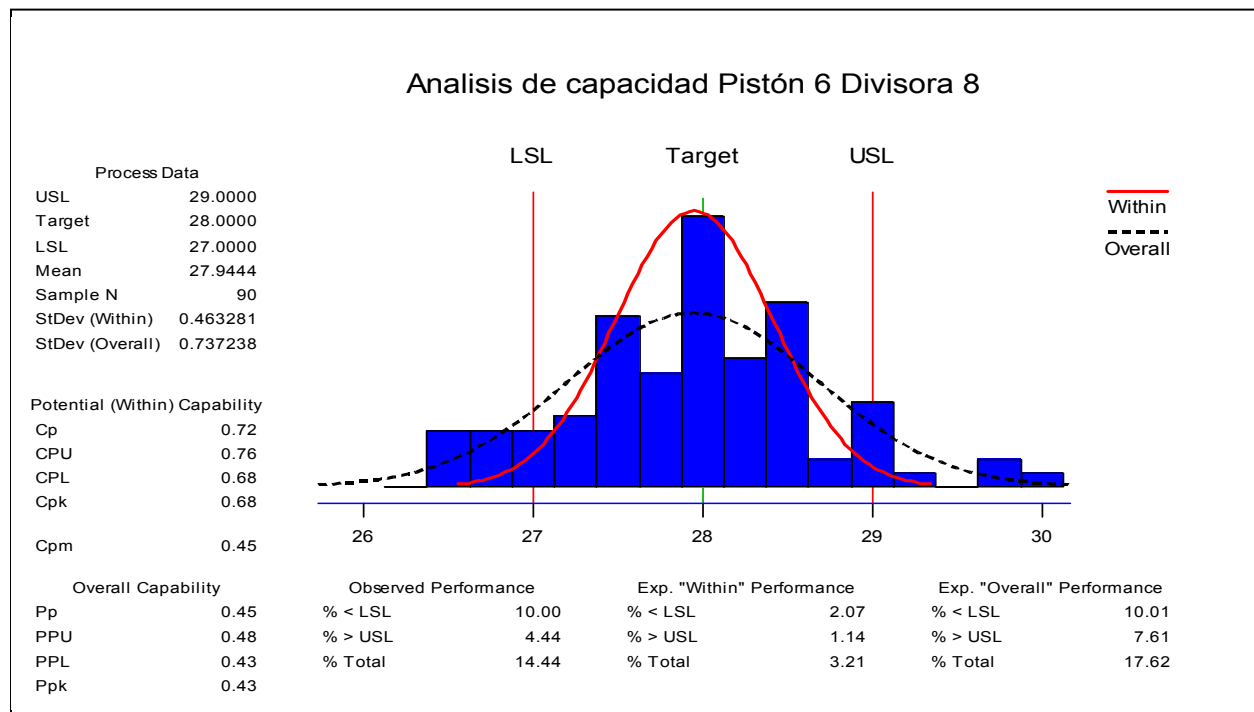
Análisis de capacidad de procesos en Pistón 5 Divisora 8.

Se muestra en la figura anterior referente al pistón 5 de la divisora 8, el Análisis de Capacidad de Proceso, donde se observa que prácticamente todo el producto está dentro de los Límites de Especificación; esta gráfica presenta la forma de una campana con una media de 28.4211 g, 0.4211 g más que el peso objetivo (28 g).

Se tiene un Cp de 1.25, indicando que el proceso tiene capacidad suficiente. Pero se debe utilizar el segundo coeficiente que muestra claramente que el proceso no tiene la

capacidad de maquinaria necesaria ya que esta descentrado hacia el LSE, este coeficiente es el C_{pk} , cuyo valor es de 0.72, con una desviación estándar de 0.374.

Aunque estos resultados de capacidad de proceso sean poco confiables y nos pueden llevar a conclusiones equivocadas ya que el proceso no se encuentra bajo control estadístico y por lo mismo no se puede predecir el comportamiento del mismo, sirve para visualizar mejor el proceso y es un indicador de en que condiciones se encuentra el proceso.



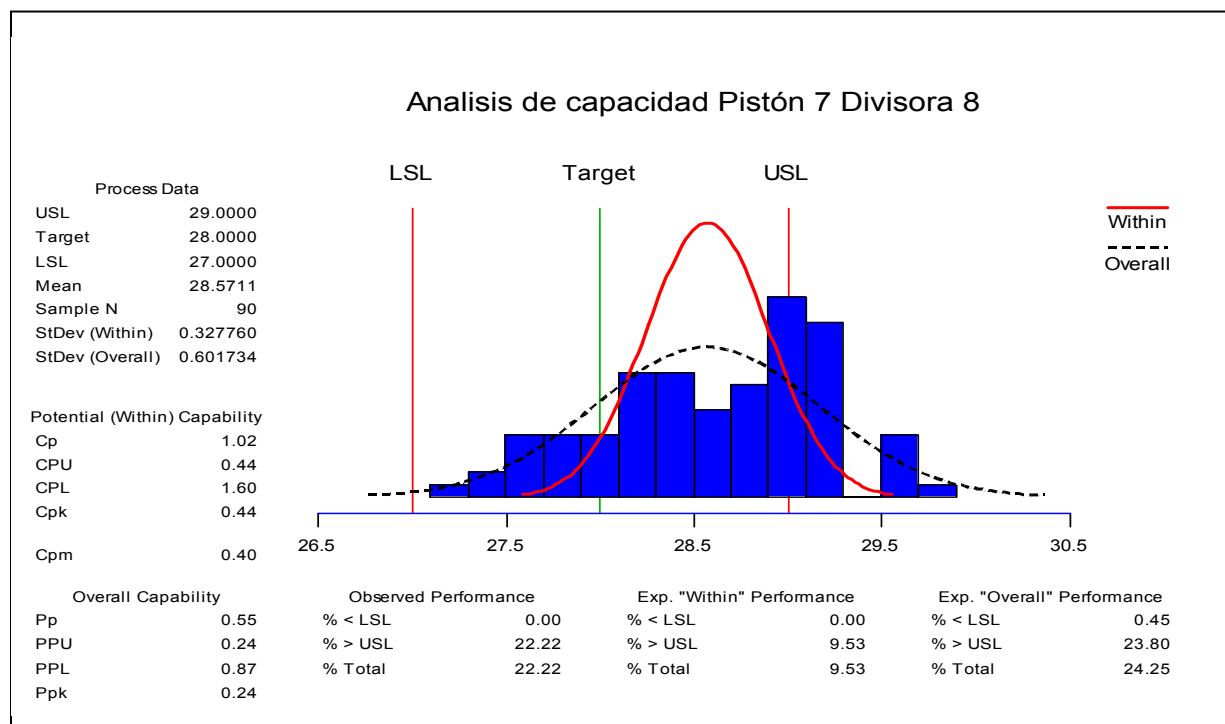
Análisis de capacidad de procesos en Pistón 6 Divisora 8.

Se muestra en la figura anterior referente al pistón 6 de la divisora 8, el Análisis de Capacidad de Proceso, donde se observa que una buena parte del producto, el 4.44 %, está por encima del Límite Superior de Especificación (LSE) y 10 % por debajo del Límite Inferior de Especificación; esta gráfica presenta la forma de una campana con una media de 27.9444 g, 0.0556 g menos que el peso objetivo (28 g).

Se tiene un C_p de 0.72, indicando que el proceso no tiene capacidad suficiente. Pero también se debe utilizar el segundo coeficiente que muestra claramente que el proceso

no tiene la capacidad de maquinaria necesaria, este coeficiente es el Cp_k , cuyo valor es de 0.68, con una desviación estándar de 0.737.

Aunque estos resultados de capacidad de proceso sean poco confiables y nos pueden llevar a conclusiones equivocadas ya que el proceso no se encuentra bajo control estadístico y por lo mismo no se puede predecir el comportamiento del mismo, sirve para visualizar mejor el proceso y es un indicador de en qué condiciones se encuentra el proceso.



Análisis de capacidad de procesos en Pistón 7 Divisora 8.

Se muestra en la figura anterior referente al pistón 7 de la divisora 8, el Análisis de Capacidad de Proceso, donde se observa que una buena parte del producto, el 22 %, está por encima del Límite Superior de Especificación (LSE); esta gráfica presenta la forma de una campana con una media de 28.5711 g, 0.5711 g más que el peso objetivo (28 g).

Se tiene un Cp de 1.02, indicando que el proceso tiene capacidad suficiente. Pero se debe utilizar el segundo coeficiente que muestra claramente que el proceso no tiene la

capacidad de maquinaria necesaria ya que se encuentra descentrado el proceso hacia el LSE, este coeficiente es el Cp_k , cuyo valor es de 0.44, con una desviación estándar de 0.428.

El proceso no se encuentra bajo control estadístico y por lo mismo no se puede predecir el comportamiento del mismo, pero sirve para visualizar mejor el proceso y es un indicador de en que condiciones se encuentra el proceso.

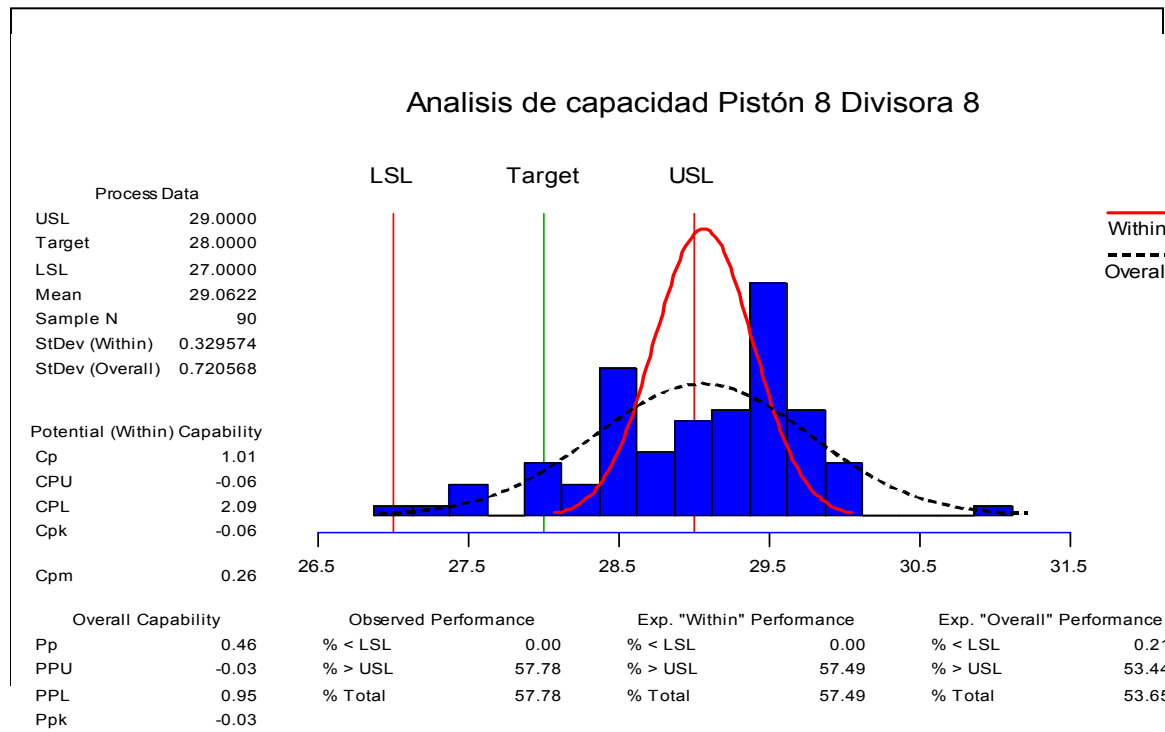


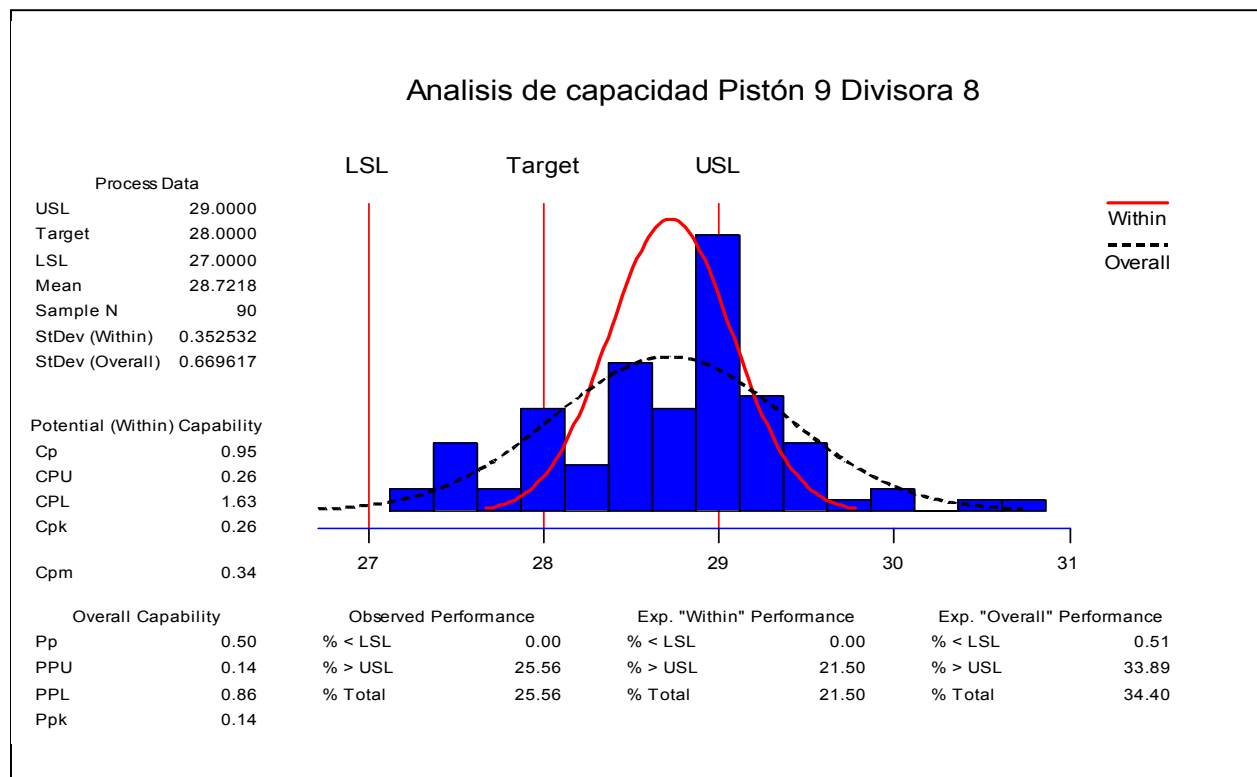
Figura. Análisis de capacidad de procesos en Pistón 8 Divisora 8.

Se muestra en la figura anterior referente al pistón 8 de la divisora 8, el Análisis de Capacidad de Proceso, donde se observa que una buena parte del producto, el 57.78 %, está por encima del Límite Superior de Especificación (LSE); esta gráfica presenta la forma de una campana con una media de 29.0622 g, 1.0622 g más que el peso objetivo (28 g).

Se tiene un Cp de 1.01, indicando que el proceso tiene capacidad suficiente. Pero se debe utilizar el segundo coeficiente que muestra claramente que el proceso no tiene la

capacidad de maquinaria necesaria, este coeficiente es el Cp_k , cuyo valor es de -0.06, con una desviación estándar de 0.7205, lo que indica que el proceso no está centrado y por lo tanto no tiene la capacidad.

Los resultados de capacidad de proceso son poco confiables y nos pueden llevar a conclusiones equivocadas ya que el proceso no se encuentra bajo control estadístico y por lo mismo no se puede predecir el comportamiento del mismo, sirve para visualizar mejor el proceso y es un indicador de en que condiciones se encuentra el proceso.



Análisis de capacidad de procesos en Pistón 9 Divisora 8.

Se muestra en la figura anterior referente al pistón 9 de la divisora 9, el Análisis de Capacidad de Proceso, donde se observa que una buena parte del producto, el 25.56 %, está por encima del Límite Superior de Especificación (LSE); esta gráfica presenta la forma de una campana con una media de 28.7218 g, 0.7218 g más que el peso objetivo (28 g).

Se tiene un C_p de 0.95, indicando que el proceso no tiene capacidad suficiente. Pero también se debe utilizar el segundo coeficiente que muestra claramente que el proceso no tiene la capacidad de maquinaria necesaria ya que el proceso está descentrado hacia el LSE, este coeficiente es el C_{p_k} , cuyo valor es de 0.26, con una desviación estándar de 0.669.

El proceso no se encuentra bajo control estadístico y por lo mismo no se puede predecir el comportamiento del mismo, sirve para visualizar mejor el proceso y es un indicador de en qué condiciones se encuentra el proceso.

ANEXO 3. PLAN DE ACCIONES CORRECTIVAS

Una vez que se tuvo identificado el problema a resolver, en este caso, el control de peso en la etapa de dividido, se elaboró un plan de acciones correctivas para tener el proceso en las mejores condiciones posibles para iniciar la investigación presentado en el siguiente cuadro.

Cabe mencionar que no todas las acciones de este plan se realizaron, ya sea por falta de tiempo o recursos; como el caso de incluir un operador de más en el área de dividido no se realizó ya que había falta de personal en otras áreas con más urgencia que en esta. Tampoco se cambiaron los pistones de cada divisora debido a que se tienen que importar y tardan mucho en llegar. Las acciones realizadas satisfactoriamente se encuentran remarcadas con una palomita.

Tal es el caso de la presencia de los supervisores de mantenimiento en las juntas de producción con el fin de estar mejor enterados de los problemas en el proceso y cuáles son las acciones correctivas que se van a llevar a cabo y como se puede adaptar el proceso para tratar de minimizar los efectos negativos de dichos problemas.

Cuadro 6 Plan de acciones correctivas.

Personal	Maquinas	Mantenimiento	Proceso	
Asegurar la capacitación del personal por medio de cuestionarios. <input checked="" type="checkbox"/>	Cambiar tipo de depositado.	Presencia de mantenimiento en juntas de producción. <input checked="" type="checkbox"/>	Disminuir tamaño de masa y bajar a 28 g.p.m el ritmo. <input checked="" type="checkbox"/>	Verificación periódica de condiciones de operación (cada 3 meses). <input checked="" type="checkbox"/>
Contar con un operador mas en el área de maquinas.	Tubos de depositado mas delgados. Probar en una divisora y evaluar.	Contar con manual básico de m. p que se le debe de dar a los divisores. Guía mínima de ordenes de trabajos (ot's). <input checked="" type="checkbox"/>	Buscar mayor absorción para compensar perdida de humedad	Estudios de resistencia a la deformación del semiproducto
Capacitación a supervisores en Control Estadístico de Proceso. <input checked="" type="checkbox"/>	Limpieza profunda de las divisoras. <input checked="" type="checkbox"/>	Contar con un mantenimiento preventivo enfocado a área de maquinas.	Pruebas de estres: máximos y mínimos. Agua, trabajo, recuperación, temperatura.	Programar los cambios de condiciones cada trimestre. <input checked="" type="checkbox"/>
Hacer conciencia al personal de línea de la responsabilidad que les corresponde. <input checked="" type="checkbox"/>	Estudio de relación del diámetro con peso en dividido. Presión de planchas. Correcto funcionamiento de todos los instrumentos de medición. <input checked="" type="checkbox"/>	Estudio periódico de peso para mantenimiento en divisoras. <input checked="" type="checkbox"/>	Disminuir recuperación de bajas. <input checked="" type="checkbox"/>	Ajustar temperaturas a cómales. Bajar al mínimo necesario. <input checked="" type="checkbox"/>
	Reposadores cerrados en los 3 turnos. <input checked="" type="checkbox"/>	Marcos de boleó en buenas condiciones. <input checked="" type="checkbox"/>	Disminuir temperaturas en transportadores y tolvas.	Uniformizar tiempos de enfriamiento.
	Cambio de pistones de las divisoras.	Contar con programa establecido de m.p de toda la línea .	Disminuir tiempo de transporte de mezcladora a divisora	Igualar los tipos de enfriamiento en las torres.
	Cambio de placas debajo de las bandas de boleó. <input checked="" type="checkbox"/>	Asegurar refacciones de divisoras, contar con archivos de o.t.s de los trabajos de mantenimiento. Obtener plan de m.p de mantenimiento	Valorar la posibilidad de separar producto no conforme antes de llegar a los apiladores. <input checked="" type="checkbox"/>	Hacer medición de temperaturas a la entrada y salida de los enfriadores, determinar tiempo de enfriamiento adecuado
	Colocar rodillos locos en trasferencias. <input checked="" type="checkbox"/>	Determinar el mejor acomodo de los topes. Elaborar un programa de pulido de prensas.		

BIBLIOGRAFÍA

1. Amsden, Butler, Control Estadístico de Procesos Simplificado, Ed. Panorama, 1ª ed. 1993.
2. Bañuelas, R, Antony, J, Critical success factors for the implementation of six sigma projects, Journal of Quality Assurance, Vol. 14 No. 20, 2002
3. Bartés A, Métodos Estadísticos, Control y Mejora de la Calidad, Grupo editorial Alfaomega, México, 2000.
4. Besterfield D, Control de calidad, cuarta edición, Prentice Hall Hispanoamericana, S.A, 1995.
5. Castro M, El mercado de la bollería industrial y la masa congelada en México, Instituto Español de Comercio Exterior (ICEX), 2005.
6. CONACYT, Proyecto de tortilla de harina de trigo sin conservadores para exportación al mercado asiático, Clave del Proyecto EFCE, 2005.
7. Crosby P, La Calidad no Cuesta. CECSA. México. 1987.
8. Dudek-Burlikowska, Quality estimation of process with usage control charts type X-R and quality capability of process Cp, Cpk, Journal of Materials Processing Technology, 2005.
9. GEA, Estudio estratégico para elevar la competitividad y el desarrollo sustentable de la cadena productiva del sector trigo harina –pan, pastas y galletas, 2003
10. Grant L, Control Estadístico de Calidad, Compañía editorial continental S.A de C.V., 5ª edición , México, 1986.
11. INEGI, Encuesta Industrial Mensual, Volumen y valor de producción por clase de actividad y productos, tortillas de harina, 2005.
12. Juran, J. M, Análisis y planeación de la calidad, 3ª Ed. Ed. McGraw Hill, México, 1995.
13. Kelekci N. N., S. Pascut and R. D. Waniska*, The Effects of Storage Temperature on the Staling of Wheat Flour Tortillas, Journal of Cereal Science 37, 2003.
14. Kenett, Estadística Industrial Moderna, Ed Thomson, México, 2000.
15. Manual del usuario del software estadístico, FutureSQC®, 2005.

16. Manual Meet MINITAB® versión 14, Minitab Inc. 2003.
17. Montgomery D, Control Estadístico de la Calidad, 3ª edición, Ed Limusa-Wiley, México, 2004.
18. Montgomery D. Diseño y Análisis de Experimentos. Ed. Iberoamérica. México. 1991.
19. Motorcu A.R, Güllü A, Statistical process control in machining, a case study for machine tool capability, Materials and design 27, 2006.
20. NOM-002-SCFI-1993, Productos preenvasados-contenido neto tolerancias y métodos de verificación.
21. Pande P, Neuman R, Cavanagh R, Las Claves Prácticas de Seis Sigma. Una guía dirigida a los equipos de mejora, Ed. Mc Graw Hill, 2004.
22. Pérez B, Lineamientos generales para el control del departamento de producción de una fabrica elaboradora de galletas, Tesis de licenciatura en Ingeniería en Alimentos UNAM, 1996.
23. Pérez C, Control Estadístico de la Calidad (Teoría. Practica y aplicaciones informáticas SAS, STATGRAPHICS, MINITAB, SPSS), Ed Ra-ma, Madrid España, 1999.
24. Pola M, Aplicación de la estadística al Control de Calidad. Marcombo Boixareu editores, España,1993.
25. Reporte Anual de grupo BIMBO S.A. de C.V, BMV, 2004.
26. Rey S, Técnicas de resolución de problemas, criterios a seguir en la producción y mantenimiento. FC Editorial. Madrid España, 2003.
27. Rivera V, Calidad integral y su gestión en el sector agroalimentario, Editorial De la UPV, Valencia España, 2002.
28. Rodríguez T, Evaluación del empleo de Carboxil metil celulosa de sodio y dos tensoactivos en la elaboración de tortilla de maíz, Tesis de licenciatura en Ingeniería en Alimentos UNAM, 1996.
29. Rojas M, Evaluación del efecto de la congelación por aire en las propiedades texturales de masa y tortilla elaborada con harina de maíz nixtamalizado, Tesis de licenciatura en Ingeniería en Alimentos UNAM, 2001.
30. Sandholm L, Control Total de Calidad, ed Trillas, México D.F, 1995.

31. San German Sampablo E, Aplicación de emulsificantes y polisacáridos en tortillas de harina de trigo, Tesis de licenciatura en Ingeniería en Alimentos UNAM. 2002.
32. Serna S, Manufactura y Control de Calidad de productos basados en cereales, AGT Editor, S.A., México, 2003.
33. Scherkenback W, La ruta Deming, Hacia la Mejora Continua, Ed CECSA, 1994.
34. Vázquez T, Aplicación de CEP a una empresa productora de detergentes, Tesis de licenciatura en Ingeniería Química UNAM, 2002.
35. Diccionario estadístico, <http://www.estadistico.com>
36. Dale, Plunkett, Quality Costing, 2nd Ed., Chapman & Hall, GB, 1995.
37. Feigenbaum A. V., Control total de calidad, 3ª edición, Ed. CECSA, 2004.
38. Beauregard, A practical guide to statistical quality improvement, Ed. Van Nostrand Reinhold, NY, 1992.