



METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES

METHODOLOGIES AND TOOLS FOR IMPROVING
INDUSTRIAL PROCESSES



José Antonio Riascos González

riascosg@une.net.co



Cada vez son más las empresas que optan por metodologías de mejoramiento de los procesos para buscar su competitividad y proyectarse a los mercados internacionales. Esto se verifica a través de certificaciones, acreditaciones, premios de calidad o la adopción de nuevos sistemas administrativos, como el enfoque por procesos, que tienen como base la satisfacción del cliente interno y externo.

Las certificaciones son solo el inicio. Se debe establecer una continuidad para sostenerlas y mejorarlas. En este punto se debe contar con técnicas y herramientas para analizar, medir y mejorar los avances del proceso.

Aquí se muestra el empleo de técnicas de mejoramiento de procesos, como las herramientas del seis sigma, y la aplicación de la metodología de aprendizaje basado en problemas ABP. Finalmente se muestra, con base en una investigación formativa, las técnicas seis sigma más empleadas por algunas empresas colombianas.

PALABRAS CLAVE

Herramientas seis sigma, programa de mejoramiento.

RESUMEN

ABSTRACT

Increasingly there are companies that opt for process improvement methodologies to find its competitiveness and projected to the international markets. This is verified through certifications, accreditations, quality awards, or the adoption of new administrative systems as the approach by processes that are based on the internal and external customer satisfaction.

Certifications are only the beginning. A continuity must be set to follow them by holding and improving. At this point it is necessary to count on techniques and tools to analyze, measure, and improve the progress of continuous improvement.

Here it is shown the use of techniques of improvement of processes such as six sigma tools, and the application of PBL problem-based learning methodology. Finally, it is shown a formative research-based techniques most used by some colombian companies six sigma.

KEYWORDS

Six sigma tools, improvement program.



Introducción

Expertos como W. Shewart y Edward Deming plantearon el uso de ciclo PHVA y las técnicas estadísticas como una forma de medir, analizar y buscar el mejoramiento continuo de los procesos organizacionales. (Escobar Bolívar & Agudelo Tobón, 2007).

Luego, otros como J.Juran, Kaouro Ishikawa y P. Crosby complementan otras técnicas administrativas y estadísticas para lograr ese mejoramiento.

En Colombia, también organizaciones como la Asociación Colombiana de Control de Calidad, la Corporación Calidad, el Icontec, las universidades y las empresas difunden y emplean estas técnicas en la búsqueda de ese objetivo.

Estas técnicas han sido empleadas en las empresas durante muchas décadas, pero en los años ochenta en Motorola se empieza trabajar para buscar el mejoramiento, con el enfoque que denominaron seis sigma, en el cual uno de los aspectos fundamentales fue haber definido un estándar máximo de 3.4 unidades no conformes por cada 1.000.000 de unidades producidas, como lo indica el concepto estadístico de seis sigma. Este dato ya fija una meta para el mejoramiento y compromete a los integrantes de la organización que trabajan bajo el enfoque de seis sigma a obtenerla.

Este estándar se puede aplicar a cualquier tipo de organización, sea manufacturera o de servicios, pública o privada.

Pero para el mejoramiento no basta definir solo el estándar, se requiere emplear herramientas técnicas y administrativas que permitan definir, medir, analizar, controlar y mejorar continuamente los procesos.

Otras empresas como General Electric y Allied-signal también han aplicado estas técnicas desde los años 90 (Eckes, 2004).

En Colombia, varias empresas desde la primera década del 2000 han incursionado en el uso de la metodología seis sigma, como el Grupo Mundial, Bancolombia, Cerromatoso, Corona y otras, que utilizan las diferentes técnicas desde hace ya varios años, sin identificarlas necesariamente como herramientas bajo la metodología seis sigma.

Existen numerosas fuentes bibliográficas sobre la metodología de seis sigma, y en ellas podemos apoyar este documento que permite mostrar, con un ejemplo sencillo, cómo utilizar algunas de las herramientas administrativas y técnicas básicas para buscar el mejoramiento en un proceso manufacturero de productos líquidos.

De las tácticas y herramientas seis sigma

Así como el ciclo de mejoramiento continuo se define como planear, hacer, verificar, controlar y normalizar (PHVAN), en la metodología seis sigma se ha definido el siguiente ciclo: definir, medir, analizar, mejorar y controlar (DMAMC), y en cada una de las estas etapas se utilizan diferentes herramientas, tanto administrativas como técnicas básicas y avanzadas.

Para algunos autores la clasificación de las herramientas es la siguiente:

Herramientas administrativas y livianas: (Eckes, 2004)

Tormenta de ideas, cronograma de actividades, el cuadro de análisis de los interesados, cuadro de planeación para la influencia, matriz de amenazas y oportunidades, matriz de beneficios, declaración de soluciones previstas, la agenda del equipo, las reglas básicas, el estacionamiento, la evaluación de pros y contras, las actas o informes de actividad.



Herramientas técnicas básicas: (Eckes, 2004)

El diagrama de flujo del proceso, el árbol para la toma de decisiones, el histograma, el diagrama de Pareto, la hoja resumen del análisis del proceso, el diagrama de causa efecto, el diagrama de dispersión, el diagrama de afinidad, el diagrama de comportamiento y el gráfico de control.

Algunas herramientas avanzadas: (Escalante Vásquez, 2003)

Análisis de varianza, contrastes de hipótesis, despliegue de la función de calidad (QFD), diseño de experimentos, análisis de modo de fallos y efectos (AMFE).

El aprendizaje basado en problemas

El método del ABP se desarrolla a través de los siguientes pasos (Díaz, 2005):

- A. Presentación de un problema.
- B. Identificación de la naturaleza del problema y de los aspectos involucrados.
- C. Esfuerzo mental por encontrar soluciones al problema y empleo de herramientas de mejoramiento estudiadas (¿qué sabemos?).
- D. Solución del problema que se comparte con todos los integrantes del equipo
- E. Identificación de los puntos que ameritan una mayor investigación (¿qué no sabemos?).

Enunciado del problema: Todo sucede en una empresa que fabrica pinturas de alta calidad. Los colaboradores de la sección de envase han venido estudiando técnicas de mejoramiento de los procesos seis sigma y desean aplicarlos a en su área de trabajo.

La metodología de mejoramiento de alto nivel empleada con las tácticas seis sigma la podemos identificar en el siguiente ciclo (figura 1) conformado por cinco fases identificadas con las sigla DMAMC, que son : definir, medir, analizar, mejorar y controlar.

FIGURA 1. CICLO DE FASES



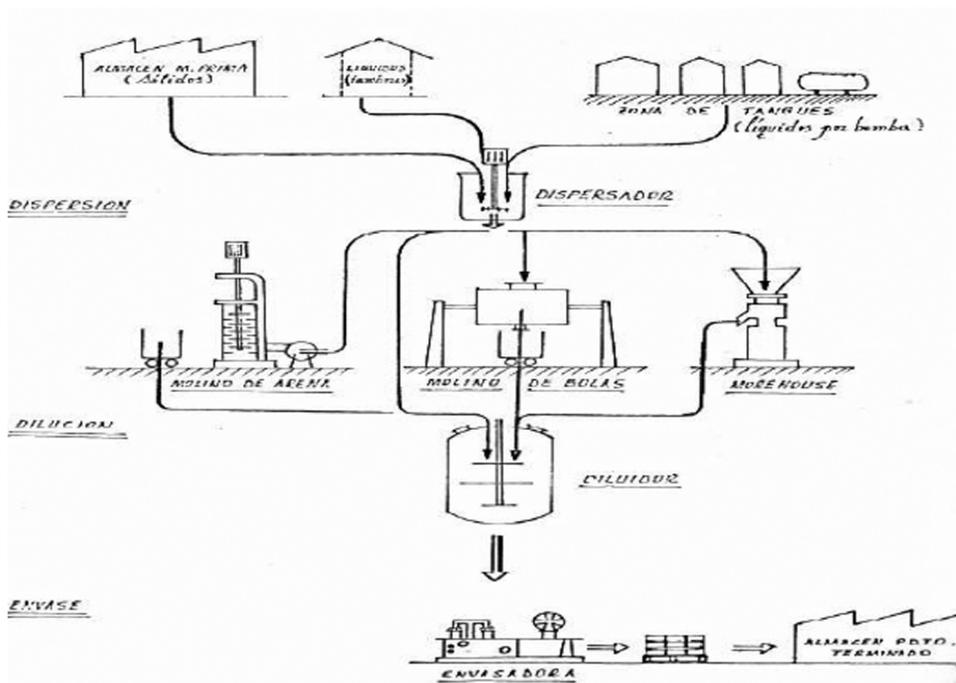
Primera fase DEFINIR

En la primera fase se muestra el proceso productivo de las pinturas (ver figura 2) que comprende las siguientes etapas: 1. Almacenamiento de las materias primas, 2. Dispersión 3. Dilución, 4. Envasado y empaque del producto terminado

Ver **figura 2** siguiente página

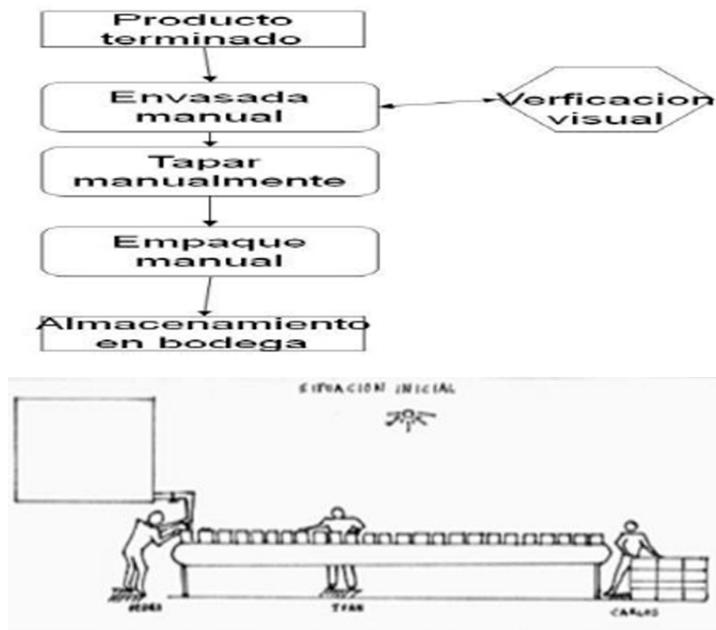
También se identifican los integrantes del equipo del proceso de envase (Pedro, Juan y Carlos) que deben envasar una pintura por volumen en cantidad de 1000 mililitros más o menos 20 mililitros (1000 +/- 20); actualmente el envase es manual y se debe hacer por volumen, controlando visualmente el producto agregado al envase, actividad que realiza Pedro. También se incluye el diagrama de flujo de esta parte del proceso en la figura 3; en esta se pueden observar varias actividades que pueden mejorarse.

FIGURA 2. PROCESO PRODUCTIVO DE LAS PINTURAS



Fuente: Autoría propia.

FIGURA 3. DIAGRAMA DE FLUJO



Fuente: Autoría propia.



Una de las fases importantes en las tácticas seis sigma es integrar el equipo de trabajo con personas que conozcan de las técnicas que pueden ser cinturones negros (*black belt*), o *master black belt* que capaciten a cinturones blancos. Para el caso, se integra el equipo con Pedro, Juan y Carlos, con un ingeniero y un supervisor, y hacen una reunión con su correspondiente acta o informe de actividad, tal como se observa en la figura 4.

Como paso siguiente, los miembros del equipo hacen una tormenta de ideas para identificar cuáles son los principales problemas que tienen en su área de trabajo, y le solicitan al área de costos de calidad (Perdomo Burgos, 2004) que tienen en la empresa que se los cuantifique en dólares para entrar a definir cuál problema atacar.

Segunda fase MEDIR

En la tabla 1 se indican los principales problemas encontrados y su correspondiente costo de calidad.

TABLA 1. PRINCIPALES PROBLEMAS ENCONTRADOS

DIAGRAMA DE PARETO INICIAL		
INFORMACION DE COSTOS DE CALIDAD		
DATOS INICIALES		
Nº	CAUSA	COSTO
1	Ausentismo	7000
2	Defectos de envase	4000
3	falta de insumos	11000
4	Falta de productos	5000
5	Diferencias en volumen en	50000
6	Daños en banda transpor	20000
7	Interrupciones de fluido e	9000
8	Interrupciones por falta de	2000
9	Paros innecesarios	6000
10	otros	3000
	TOTAL	117000

Fuente: Autoría propia.

Con base en la tabla 1, se elabora un gráfico de Pareto para representar visualmente el principal problema. En la tabla 2 y en el gráfico 1 se pueden identificar el principal problema y el costo de calidad.

FIGURA 4. REUNIÓN



Fuente: Autoría propia.

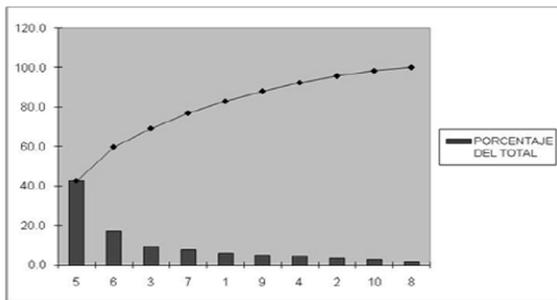
TABLA 2. PRINCIPAL PROBLEMA Y COSTO DE CALIDAD

DIAGRAMA DE PARETO INICIAL
 INFORMACION DE COSTOS DE CALIDAD
 DATOS INICIALES
 DATOS ORGANIZADOS

Nº	CAUSA	COSTO	COSTO ACUMULADO	PORCENTAJE DEL TOTAL	PORCENTAJE ACUMULADO
5	Diferencias en volumen envasado	50000	50000	42.7	42.7
6	Daños en banda transportadora	20000	70000	17.1	59.8
3	falta de insumos	11000	81000	9.4	69.2
7	Interrupciones de fluido electrico	9000	90000	7.7	76.9
1	Ausentismo	7000	97000	6.0	82.9
9	Paros innecesarios	6000	103000	5.1	88.0
4	Falta de productos	5000	108000	4.3	92.3
2	Defectos de envase	4000	112000	3.4	95.7
10	otros	3000	115000	2.6	98.3
8	Interrupciones por falta de agua	2000	117000	1.7	100.0
	TOTAL	117000			

Fuente: Autoría propia

GRÁFICO 1. PRINCIPAL PROBLEMA Y COSTO DE CALIDAD



Fuente: Autoría propia

Como se puede observar en la tabla 1 y en el gráfico 1, el principal costo de calidad que tienen es el de diferencias en volumen envasado, por lo que definen trabajar en este elemento.

Los miembros del equipo analizan cuál sería la forma más rápida y económica para estudiar el volumen del producto envasado.

Tradicionalmente, el envase se ha hecho al descargar la pintura en el envase con la apertura de una llave de tanque y el control visual de la altura en el envase, como se muestra en la situación inicial (ver figura 3) y ellos se preguntan si hay una forma más práctica de envasar.

En las herramientas técnicas básicas se presenta el gráfico de dispersión y el cálculo de correlación de dos variables, como el peso y el volumen, que les permita emplear el peso en lugar del volumen. Para llevar a cabo este proceso, los integrantes del equipo elaboran los formatos que les permitan recolectar los datos para después hacer el gráfico de dispersión, y que se puedan utilizar también para construir el gráfico de control para observar el comportamiento del proceso de envase.

En la tabla 3 se incluye los datos obtenidos

TABLA 3. DATOS OBTENIDOS

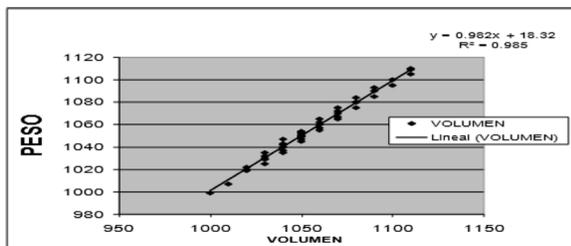
DATO Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
PESO	1000	1010	1020	1020	1020	1030	1030	1030	1030	1030	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050
VOLUMEN	999	1007	1020	1022	1019	1030	1032	1035	1025	1029	1035	1037	1040	1040	1042	1043	1047	1045	1047	1049	1050	1050	1050	1050	1052
DATO Nº	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
PESO	1050	1050	1050	1060	1060	1060	1060	1060	1070	1070	1070	1070	1070	1080	1080	1080	1080	1090	1090	1090	1100	1100	1110	1110	1110
VOLUMEN	1053	1053	1054	1055	1057	1060	1062	1065	1075	1065	1067	1070	1072	1075	1080	1080	1084	1085	1090	1093	1095	1100	1105	1109	1110

Fuente: Autoría propia



A partir de estos datos se elabora el correspondiente gráfico 2 de dispersión, en el que se incluyen los cálculos de correlación de las dos variables. Para esta tarea se emplea Microsoft Excel como herramienta de sistematización.

GRÁFICO 2. GRÁFICO DE DISPERSIÓN

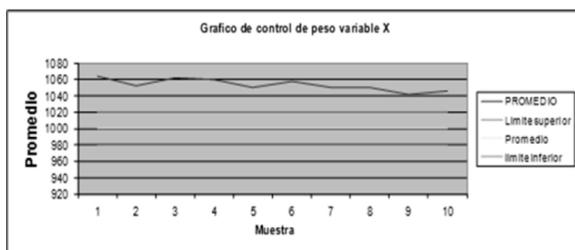


Fuente: Autoría propia.

La correlación de 0.985 y el gráfico de dispersión muestran que hay una correlación cercana a 1, por lo que se puede emplear la medición por peso en lugar del volumen, como haciéndose ha efectuado en la empresa.

Con los mismos datos de peso, pero organizados en grupos de a 5, y teniendo como límites de control 1000 +/- 20 gramos, se tienen como límite superior 1020 gr, y como límite inferior 980 gr; para elaborar el gráfico de control 3 se emplea nuevamente Microsoft Excel para observar el comportamiento del proceso de envase.

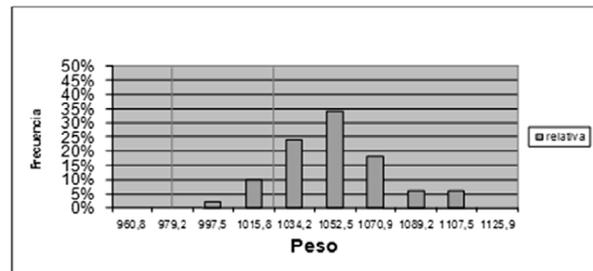
GRÁFICO 3. GRÁFICO DE CONTROL PROCESO DE ENVASE



Fuente: Autoría propia.

El gráfico muestra que el peso envasado está muy por encima del límite superior, lo que evidencia la causa del exceso de costo por producto envasado; este gráfico debe complementarse con un gráfico de rangos para perfeccionar el análisis. Para completar esta información, es importante emplear otra herramienta técnica de mejoramiento, como el histograma gráfico 4.

GRÁFICO 4. HISTOGRAMA



Fuente: Autoría propia.

Tercera fase ANALIZAR

La siguiente fase comprende el análisis de la información disponible en los gráficos anteriores.

Como se había indicado en el gráfico de control, que muestra la línea de peso envasado muy por encima del límite superior 1020 gr, el histograma corrobora esta información al mostrar la campana desplazada hacia el lado derecho indicando un peso envasado promedio de 1052 gr que, con respecto al promedio de peso envasado de 1000 gr, da un exceso de 52 gr en cada envase, esto representa alrededor de un 88% de envases con cantidad extra de producto lo que conlleva a un alto costo por diferencias en volumen envasado. Para complementar el análisis y definir procesos de mejora, se analiza el proceso de envase por medio del análisis causa –efecto o diagrama de pescado o de Ishikawa, quien fue el inventor de este esquema y que lo podríamos llevar a una ecuación $Y = F(X)$ (Pande, Newman, & Cavanagh, 2002), donde la Y significa el efecto final y las X las diferentes causas que lo originan, que algunos

autores las identifican con la 8 M que son: mano de obra, materias primas, maquinas, métodos, medio ambiente, mediciones, mandos y moneda. La figura 5 se incluye el efecto peso envasado y las causas basadas en las 8 M.

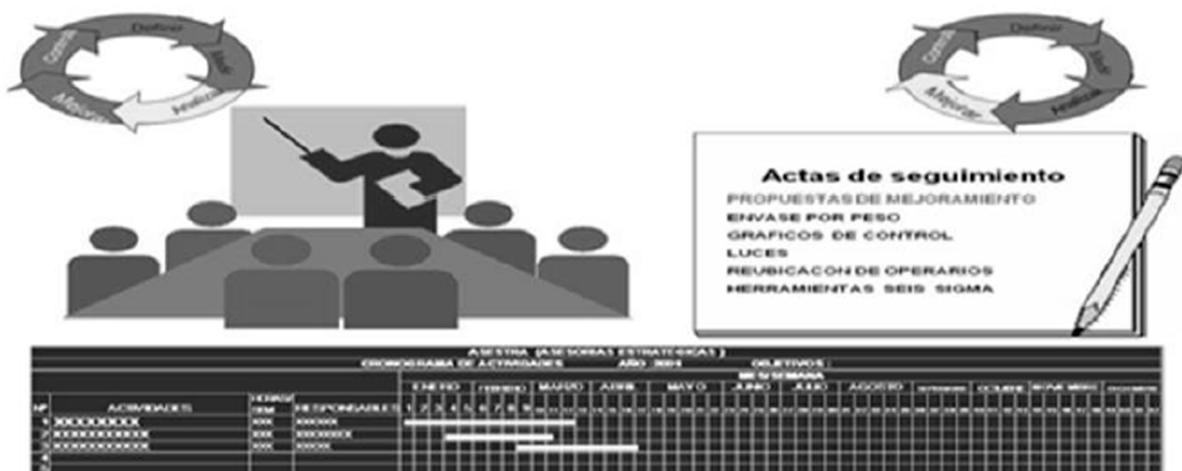
A partir de este análisis se hacen las reuniones necesarias para hacer propuestas de mejoramiento y establece el cronograma correspondiente para desarrollarlas como se indica en la figura 6.

FIGURA 5. EFECTO PESO ENVASADO Y LAS CAUSAS BASADAS EN LAS 8 M



Fuente: Autoría propia.

FIGURA 6. REUNIONES



Fuente: Autoría propia.



Cuarta fase MEJORAMIENTO

En esta fase se establecen las propuestas de mejoramiento en el proceso de acuerdo con la reunión realizada como se indica en la situación final figura 7.

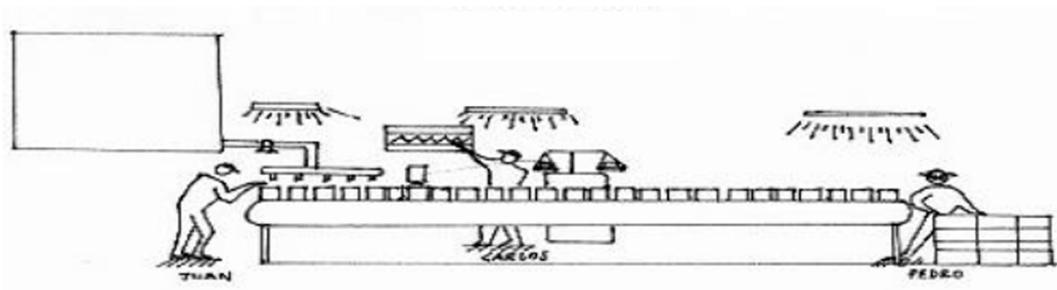
Una buena forma de ver las mejoras es comparar la situación inicial con la final; algunas de ellas son: en mano de obra se reubicaron los colaboradores, lo cual implicó un mejor empleo de sus capacidades y competencias. Por ejemplo a Carlos, que tenía conocimientos de estadística y técnicas seis sigma, se le asignan las mediciones y el gráfico de control, a Juan se le ubica en la parte de

envasado automático, a Pedro se le recetan gafas y se reubica en la parte de empaque; a todos se les dan cascos de seguridad en maquinaria se introduce el envase automatizado e instrumentos de control de peso; en métodos se introduce el envase automático; en mediciones se introduce el control estadístico de peso; en medio ambiente se mejora la iluminación del área de trabajo; en moneda se introducen los costos de calidad; con los mandos se mejoran las relaciones y se establecen reuniones periódicas de mejoramiento.

El nuevo proceso y el diagrama de flujo se observa en la figura 8.

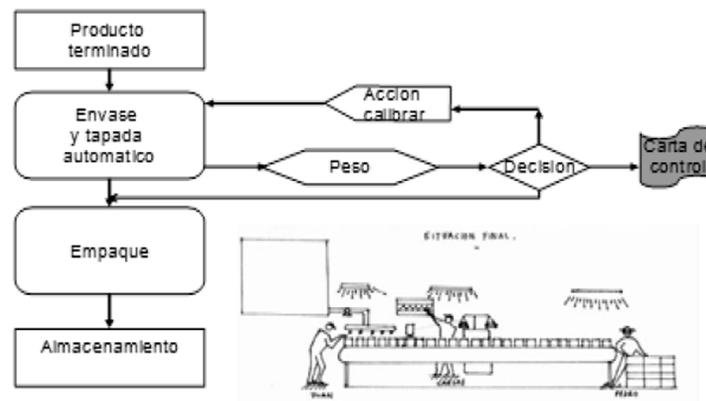
Para verificar las mejoras y establecer un proceso de control se pasa a la quinta fase.

FIGURA 7. SITUACIÓN FINAL



Fuente: Autoría propia.

FIGURA 8. PROCESO DE ENVASE FINAL Y DIAGRAMA DE FLUJO



Fuente: Autoría propia.

Quinta fase CONTROLAR

En esta fase se establecen los cálculos con herramientas seis sigma y se emplea la sistematización de datos en Microsoft Excel como se muestra en la figura 9.

En esta fase del proceso se procede nuevamente a tomar datos del peso envasado y se organizan en grupos de a 5, y como se muestran en la tabla 2, se elaboran los gráficos 5 de control, y gráfico 6 con el histograma, y se procede a analizarlos.

FIGURA 9. SEIS SIGMA



Fuente: Autoría propia.

TABLA 2. DATOS DE PESO ENVASADO

LECTURA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	960	970	980	970	980	980	1000	990	1010	1010	980	1000	1000
2	1000	1020	1000	1000	1010	1000	1010	1000	990	1000	990	1010	1000
3	1010	1010	1020	990	990	990	980	1000	1020	1020	1000	990	990
4	990	1000	1010	980	1000	1010	990	990	1000	1010	1000	1000	1000
5	980	1000	970	1000	990	980	1000	1000	990	1010	1000	990	1010

Fuente: Autoría propia.



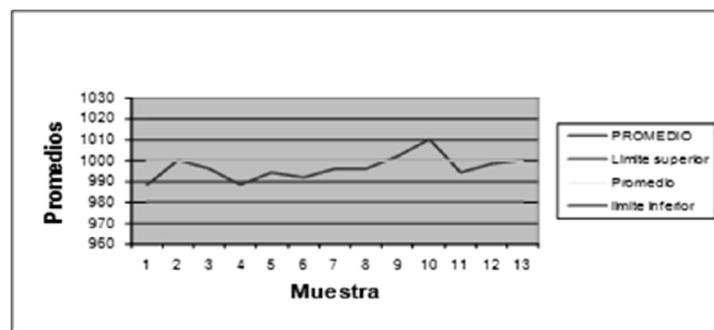
En este podemos ver que todos los datos de la muestra están dentro de los límites de control que podemos analizar al emplear el histograma gráfico 6 correspondiente.

Este histograma muestra cómo el 90% de los datos están dentro de los límites 980 a 1020 admitidos en el proceso, lo que indica un mejoramiento significativo en el proceso de envase, pero queda todavía un porcentaje importante por mejorar.

En la reunión del equipo de trabajo se solicita nuevamente al área de costos que haga los nuevos cálculos de costos de calidad para verificar el mejoramiento.

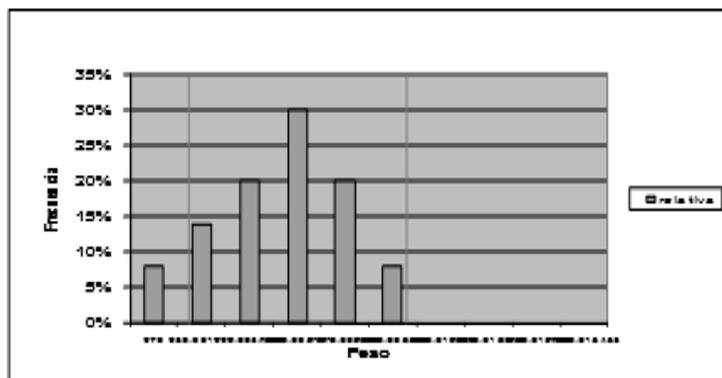
En la tabla 3 se pueden observar los nuevos datos de costos de calidad. **(ver tabla 3 en siguiente página)**

GRÁFICO 5. GRÁFICO DE CONTROL



Fuente: Autoría propia.

GRÁFICO 6. HISTOGRAMA. FRECUENCIA RELATIVA



Fuente: Autoría propia.

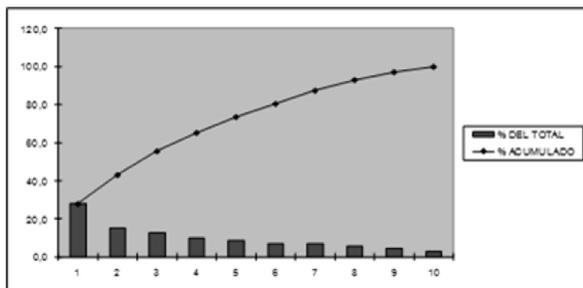
TABLA 3. DATOS DE COSTOS DE CALIDAD

N°	CAUSA	COSTO	COSTO ACUMULADO	% DEL TOTAL	% ACUMULADO
1	Daños en banda transportadora	20000	20000	27,8	27,8
2	falta de insumos	11000	31000	15,3	43,1
3	Interrupciones de fluido eléctrico	9000	40000	12,5	55,6
4	Ausentismo	7000	47000	9,7	65,3
5	Paros innecesarios	6000	53000	8,3	73,6
6	Diferencias en volumen envasado	5000	58000	6,9	80,6
7	Falta de productos	5000	63000	6,9	87,5
8	Defectos de envase	4000	67000	5,6	93,1
9	Otros	3000	70000	4,2	97,2
10	Interrupciones por falta de agua	2000	72000	2,8	100,0
	TOTAL	72000			

Fuente: Autoría propia.

En este, las diferencias en volumen ya ocupan un sexto lugar entre los costos totales. Al hacer el análisis de Pareto correspondiente al gráfico 7, se puede ver que la siguiente causa que deben atacar son los daños en la banda transportadora, que son un 27.8 % del total; de todas maneras, en el área de envasada se debe seguir trabajando en la reducción de los costos de calidad.

GRÁFICO 7. PARETO



Fuente: Autoría propia.

Finalmente, el equipo elabora las actas o informes de actividad para cerrar este proceso y continuar las actividades de mejoramiento.

En este corto ejercicio se ha podido observar el empleo de las fases de la metodología seis sigma y el empleo de algunas de las herramientas técnicas y administrativas requeridas para desarrollar este proceso de mejoramiento.

Referencias

- Díaz, M. d. (2005). *Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias*. Oviedo, : Universidad de Oviedo.
- Eckes, G. (2004). *El six sigma para todos*. Bogotá, : Norma.
- Escalante Vásquez, E. J. (2003). *Seis Sigma, metodología y técnicas* (Primera ed.). México. Limusa.
- Escobar Bolívar, J., & Agudelo Tobón, L. F. (2007). *Gestión por procesos* (4 ed.). Bogotá, : Icontec.
- Pande, P. S., Newman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2002). *Las claves del seis sigma*. (Primera ed.). México. Mc Graw Hil.
- Perdomo Burgos, Á. (2004). *Administración de los costos de calidad*. Bogotá, : Icontec.

