

# Aplicación de la Metodología Seis Sigma para el Control de Variación en el Envasado de Pinturas

Kléber Barcia Villacreses\*  
Luis Echeverría Bustamante\*\*

\*PhD (Ingeniería Industrial y Sistemas de Manufactura), Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP)

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)  
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral  
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador

[kbarcia@espol.edu.ec](mailto:kbarcia@espol.edu.ec)

\*\*Estudiante, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP)

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)  
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral  
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador

[echeluva@hotmail.com](mailto:echeluva@hotmail.com)

## Resumen

“El cliente es la principal razón de ser de una compañía y su satisfacción es la única forma para asegurar las ventas, fortalecimiento y mantenimiento en el mercado”.

Por lo anterior, además de una pintura de excelente calidad, Pinturas ABC busca constantemente generar mayor valor agregado para sus clientes y en dicha búsqueda, quiere que la seguridad y confianza de los clientes en los productos sea la base para afirmar un sentido de pertenencia fortalecido.

Partiendo de un objetivo definido y revisado, se levanta una base de datos, con la cual se realizan paretos obteniendo como resultado el enfoque en el envasado manual, el cual presenta mayores variaciones y es el 70% del envasado existente en la planta. Es prioritario estandarizar dicho proceso, para asegurar la eliminación y/o control de las variables de ruido que afectan los resultados; durante el proceso, se da la separación de la planta en dos partes, una para producción de base aceite y otra base de agua.

Inicialmente se modifican dos puestos de envasado, uno en planta base agua y uno en planta base aceite y los resultados se replicaran a todos los puestos de envasado de ambas plantas, para un total de 8 puestos.

**Palabra claves:** Metodología, Capacitación, Rediseño, Estandarización.

## Abstract

"The customer is the main reason for a company and customer satisfaction is the only way to secure sales and strengthening and maintaining our market."

Therefore, in addition to a high quality paint, Paints ABC is constantly looking to generate greater value for its clients and in that search, it wants security and customer confidence in its products is the basis for affirming a sense strengthened membership.

Based on an objective set and reviewed, stands a database, with the database are developed Pareto diagrams , and is obtained as a result, the focus on manual packaging process, which presents greater variation and is the 70 % of existing packaging process. A priority is to standardize the process, to ensure the elimination and / or control of noise variables affecting the results, during the process, it makes the separation of the plant into two parts, one for Oil-based production and one for Water-based.

Initially amending two workstations, one in the water-based production line and one in the oil-based production line, the results of the new process is replicated at all filling stations of both plants, for a total of eight workstations.

Keywords: Methodology, Training, Redesign, Standardization.

## 1. Introducción

El presente trabajo trata del desarrollo de una “Aplicación de la Metodología Seis Sigma para el Control de Variación en el Envasado de Pinturas”,

enfocado en que la Compañía Pinturas ABC busca constantemente generar mayor valor agregado para sus clientes y en dicha búsqueda, quiere que la seguridad y confianza de los clientes en los productos sea la base para afirmar un sentido de pertenencia fortalecido.

El objetivo general del proyecto es: “Entregar a los clientes las cantidades prometidas en cada unidad, para crear una relación de confianza fortaleciendo el sentido de pertenencia del cliente con la empresa, incrementando así las barreras de entrada a competidores.”

Aprovechando el entrenamiento de Sponsor y Green Belt que tuvo personal seleccionado de Pinturas ABC y el impacto económico esperado, se decide establecer un proyecto Seis Sigma para desarrollar el mismo. Con el Asesoramiento de un Black Belt de la División Pinturas del Grupo de Inversiones ABC y basados en el proceso DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) se establece la metodología adecuada.

Entre los resultados obtenidos, esta la estandarización del proceso de envasado, asegurando la eliminación y/o control de las variables de ruido que afectan los resultados.

Se partió de un diagnóstico y evaluación del proceso, de la verificación de criterios usados para envasado, manejo de básculas, aplicación y cumplimiento de procedimientos internos de Pinturas ABC, formas de medición, verificación de condiciones de trabajo adecuadas, todo esto a través de evaluaciones iniciales, capacitaciones para unificación de criterios, difusiones de procedimientos, nuevas evaluaciones, definiciones y divulgación de SOP (Procedimiento Operativo Estándar).

## 2. Aplicación de la metodología seis sigma

### 2.1 Definir

**2.1.1 Objetivo general.** Entregar a los clientes las cantidades prometidas en cada unidad, para crear una relación de confianza fortaleciendo el sentido de pertenencia del cliente con la empresa, incrementando así las barreras de entrada a competidores.

**2.1.2 Objetivo específico.** Disminuir y controlar las diferencias en el volumen de llenado, asegurando así desde el punto de vista legal y económico que los clientes reciben la cantidad de pintura por la cual están pagando. Se debe asegurar que las variaciones en el envasado, independiente de la forma de llenado por peso o por volumen, no superen las diferencias de referencia (+/- 1) %.

**2.1.3 Beneficios del proyecto.** Los beneficios del proyecto de control de la variación en el llenado de pinturas se calcula con base en las cantidades extras de pintura, no se tomarán en cuenta las cantidades faltantes, pero esto no quiere decir que no se va a controlar. Para conocer la variación que existía por encima del 1% y por debajo del 1% en el proceso de envasado de pinturas, se tomaron datos de los pesos de llenado de 4 meses: Abril, Mayo, Junio y Julio de 2008; aquí se pudo establecer que en promedio la

variación por encima del 1% es del 2.57% por unidad y por debajo del 1% es del 1.43%. Además, el 64% de los datos tenían una variación por encima del 1%, 24% estaban dentro de lo normal y el 12% restante tenían una variación por debajo del 1%. Se conoce por información proporcionada por la Dirección de Manufactura que se produce mensualmente en promedio 160.000 galones de pintura entre las líneas de producción de pinturas base agua y base solvente, con un total anual de 1'920.000 galones de pintura. El valor del ahorro se calculará con base en los galones envasados de pintura de las líneas de producción base agua y base solvente, multiplicado por el 64% que es la proporción de galones con variación por encima del 1%, multiplicados por la disminución en la variación por encima del 1% del envasado de pinturas, y multiplicado por el costo promedio de fabricación de un galón de pintura del mes.

**Tabla 1.** Variables para medición de beneficio

Mes	
Descripción	Variación Ref.
Galones producción	160.000
Proporción de la producción que tiene variación por encima del 1%	64%
Variación	2.57%
% de galones dentro del ± 1%	50%
Costo promedio de galón fabricado en el mes	\$ 5.14
Ahorro mes	\$ 6,763.42
Ahorro año	\$ 81,161.01

Este cuadro quiere decir que si se logra disminuir en un 50% la variación del envasado por encima del 1%, el ahorro será de \$ 6,763.42 al mes, y de \$ 81,161.01 por año. Inicialmente se medirá el ahorro con los galones fabricados que sean envasados en los puestos de trabajo modificados (2 puestos en agosto); al siguiente mes estarán listos 6 puestos de envasado (2 del mes anterior y cuatro nuevos), llegando al tercer mes con los 8 puestos de envasado manual modificados.

**Tabla 2.** EJEMPLO DE CÁLCULO DE BENEFICIO DE 5 MESES

Ago-08	Sep-08	Oct-08	Nov-08	Dic-08
50,000	90,000	165,000	178,000	167,000
64%	64%	64%	64%	64%
2.57%	2.57%	2.57%	2.57%	2.57%
50.00%	60.00%	65.00%	75.00%	90.00%
\$ 5.14	\$ 5.14	\$ 5.14	\$ 5.14	\$ 5.14
\$ 2,113.57	\$ 4,565.31	\$ 9,067.21	\$ 11,286.45	\$ 12,706.77

**2.1.4 Grupo de trabajo.** Aprovechando el entrenamiento de Sponsor y Green Belt que tuvo personal seleccionado de la Compañía y el impacto económico esperado del proyecto de control de la variación del envasado de pinturas, se decidió establecer un proyecto Seis Sigma para el desarrollo del mismo. Con el Asesoramiento de un Black Belt de

la División Pinturas del Grupo de Inversiones Mundial se estableció el siguiente grupo de trabajo:

- a. **Sponsor:** Gerente de Manufactura.
- b. **Black Belt:** Isabel Cristina Mejía Velásquez.
- c. **Green Belt:** Luis Echeverría.
- d. **Miembros del equipo:** Jefe de Producción, Coordinador de Envasado y Envasadores.

**2.1.5 Plan de trabajo.** Para establecer el plan de trabajo, el equipo desarrolla una Matriz PFMEA (Potential Failure Modes and Effects Análisis), Análisis del Modo Potencial de Falla y su Efecto, con lo cual se decidió que se debía trabajar en los siguientes aspectos para que el proyecto de control de variación en el llenado de pinturas tenga éxito:

- ❖ Mejoras en proceso de cierre de fórmulas y funciones de Coordinador Envasado.
- ❖ Mejoras en distribución de espacio en planta.
- ❖ Cambios de layout de planta y reubicación de oficinas.
- ❖ Normas INEN para diferencia permisible de envasado.
- ❖ Mejoras para ergonomía en área de envasado, regulaciones.
- ❖ Revisión de procedimientos para envasado.
- ❖ Revisión de recursos para envasado.

**2.1.6 Necesidades y requerimientos del cliente.** La identificación de los requisitos exigidos por el cliente se define a través de reuniones y consultas entre los directivos de la compañía, búsqueda en Internet y la normatividad de Ecuador sobre cantidades envasadas, con lo cual se determinó lo siguiente:

1.- La Gerencia General de Pinturas ABC tiene la necesidad de estar segura que está cumpliendo con la normatividad del Ecuador, específicamente, que la pintura envasada en las diferentes unidades esté dentro del rango especificado en las normas INEN, es decir, dentro del  $\pm 1\%$ . Con esto, Pinturas ABC quiere evitar cualquier tipo de problema con las leyes ecuatorianas y algún tipo de demanda judicial por parte de los clientes.

2.- Pinturas ABC busca constantemente generar mayor valor agregado para sus clientes, y en dicha búsqueda, quiere que la seguridad y confianza de los clientes en los productos sea la base para afirmar un sentido de pertenencia fortalecido. Pinturas ABC quiere que sus clientes estén seguros de que la cantidad de pintura envasada que promete en cada unidad siempre se cumple.

**2.1.7 Análisis de datos.** El análisis de datos se realiza a partir de la recolección de los mismos, una primera etapa durante los meses de Abril y Mayo 2008 y luego hasta julio del 2008. Las variaciones presentadas en el envasado manual se esperan controlar con capacitaciones, estandarización de proceso de envasado, rediseños en los puestos de envasado, condiciones ergonómicas para el proceso y el puesto de envasado, etc.

## 2.2 Medir

**2.2.1 Análisis del sistema de medición (estudios gage).** Con el fin de asegurar la estandarización del proceso, se verificaron los sistemas de medición usados y se analizó el cumplimiento de algunos procedimientos y métodos en las plantas, a través de la aplicación de los Gage R&R:

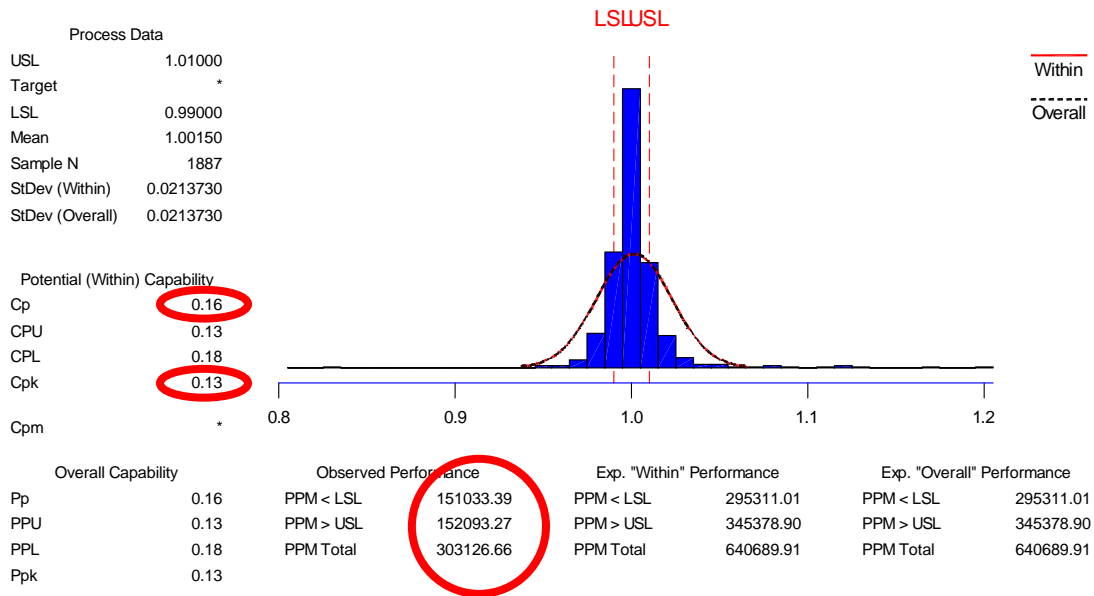
**Gage para pesaje en básculas:** Se verifica el procedimiento de pesaje de producto terminado: tara de la báscula, control de llenado, toma de datos, redondeo de décimas, etc. La variación se presenta a causa del equipo (realmente no hay equipo). Para comprobar, se hizo llenar 10 unidades procedimiento actual e incluyendo una balanza, se tomó el tiempo y peso para establecer las diferencias. El tiempo casi no varió, pero el nivel de llenado mejoró.

**Procedimiento de envasado:** Se verifica que las acciones sean iguales a las descritas en el SOP de ISO; se cambia el procedimiento facilitando la operación de inicio de envasado y coordinación de manejo de insumos, de esta forma se elimina un paso en el procedimiento actual.

**Procedimiento de entrega de PT a logística:** Se revisan la secuencia de operaciones. Se modifica proceso y redistribuyen funciones a diferentes personas para agilizar la operación y eliminar dependencia de la oficialización de la entrega de una sola persona, es decir, el coordinador de envasado ya no maneja la bodega de material de empaque.

**2.2.2 Estudios de capacidad a corto plazo.** Capacidad de Proceso para llenar Kilos/galón: Es analizada con base en la variación aceptada (variaciones de  $\pm 1\%$ ). A continuación se presenta la gráfica que refleja la variación encontrada con base en los datos que se tomó en los meses de Abril y Mayo de 2008. Ideal valores de 1.33 ( $C_p - C_{pk}$ ;  $P_p - P_{pk}$ ). El nivel sigma ( $Z = 3 * C_p$ ).

## Process Capability Analysis for DAtos\_1



**Figura 1.** Estudio de capacidad del proceso de envasado

Se concluye que el proceso presenta variación y desplazamiento, lo que refleja la presencia de costos innecesarios, mal administrados u operaciones irregulares e inestables que generan mayor variación, como por ejemplo: el control del volumen a envasar es visual, cada cuantas unidades se verifica el peso, la diversidad de los tamaños de lote, # de unidades para verificación de la báscula, la altura de la olla y el operario.

### 2.3 Analizar

**2.3.1 Pruebas de hipótesis.** Las herramientas usadas en la fase anterior mostraron que las siguientes variables podían influir en la variación de resultados, por la cual las pruebas de hipótesis fueron enfocadas principalmente al análisis de factores identificados como claves:

- Control de volumen a envasar: visual.
- Cada cuanto (# unidades) se verifica peso.
- Tamaño de lote (gal).
- # de unidades para la verificación de la báscula.
- Altura de la olla.
- Operarios.

Sobre algunos factores se pueden realizar cambios inmediatos aprovechando algunos elementos existentes en planta, este es el caso de la altura de las ollas para envasar, (altura considerada del piso a la parte baja de la Olla).

Antes:



**Figura 2.** Diseño anterior del puesto de envasado

Ahora:



**Figura 3.** Diseño actual del puesto de envasado

## 2.4 Implementar

**2.4.1 Ecuaciones de regresión.** Se tomaron datos hasta Julio de 2008 sobre los factores restantes: Tamaño de lote (galones), número de unidades verificadas, tiempo, posición del operario y control de la báscula. Con los datos obtenidos se elaboró una ecuación de regresión que muestra o define que tanto afecta cada factor a la variación en el proceso. A continuación se muestra la ecuación de regresión:

$$\text{Var} = 1.56 - 0.0731 \text{ Tamaño de lote (gal)} + 0.056 \text{ Catego tpo} + 0.0877 \text{ Categoriza num unidades verific} - 0.097 \text{ Categor posición Oper (altura)} - 0.107 \text{ Categoriza num unidades báscula}$$

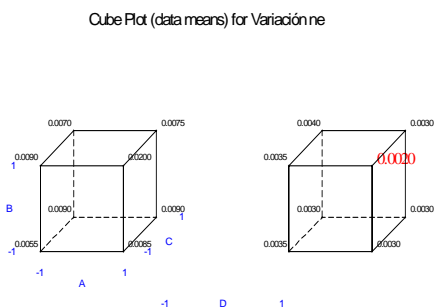
**2.4.2 Diseño de experimento.** En el análisis de los gages se comprobó que el factor humano no influía en el resultado, por lo cual se bloquea la variable Operario. Los factores y niveles son los siguientes:

**Tabla 3.** Factores y niveles del diseño de experimento

Datos	Variación						
	Variación	#unidades para verificar	Gal del lote	#unidq revisan báscula	#veces	Envasad siempre con báscula?	Error unidades aceptad
2ala4							
Bloque Operario	Formulainicial						
Replicas 2		1	15	300	1/3 parte	3	Con
Corridos 16		3	100	700	1/10 parte	10	Sn

Los resultados después de la experimentación nos muestran la mejor combinación o condiciones ideales para una menor variación expresadas en un análisis cubo:

variación de las unidades requeridas, hasta 1000 galones.



**Figura 4.** Análisis de cubo para disminuir variación

### Condiciones ideales para una menor variación:

- D: Envasado con o sin báscula: (+1) con báscula.
- C: Cada cuantas unidades se verifica la tara: (-1) 3 veces en todo el envasado.
- A: Tamaño de lote ideal: (+1) 700 Gal.
- B: # de unidades a pesar: (+1) 100.

**2.4.3 Nuevos diseños en los dos puestos de envasado.** Se implementaron cambios en dos puestos de envasado, uno en la línea de producción Base Agua y otro en Base Aceite. Los resultados al poco tiempo de implementación fueron excelentes:

- Se disminuyó el tiempo de envasado.
- Se entrevistó a los operarios sobre las dolencias que sentían antes de lo cual el 100% de los operarios manifestó una mejoría y sentirse a gusto con el nuevo puesto de trabajo.
- El promedio de envasado aumentó a 649 galones por día, llegando incluso a envasar, dependiendo de la



**Figura 5.** Puestos de envasado en lugares de trabajo

## 2.5 Controlar

**2.5.1 Estudios de capacidad a largo plazo.** En la matriz PFMEA se identifica que en la mayoría de las actividades se requiere capacitación constante. El mejoramiento continuo y sostenible, la difusión de cambios realizados a todos los niveles interesados, la verificación de cumplimiento de procedimientos, entre otras, son actividades que se convierten en críticas y necesarias para el logro de los objetivos deseados y el buen funcionamiento del proceso de envasado. En la primera revisión de la matriz se identificaron las actividades prioritarias sobre las cuales se debía trabajar y los responsables tomaron acciones.

**2.5.2 Plan de control del proceso. Logros sostenibles:** Los cambios en el diseño del puesto de envasado, la coordinación para el manejo de básculas, la demarcación de zonas y el establecimiento de un flujo adecuado de los productos, el diseño ergonómico, la insistencia en los temas de orden y aseo, salud y seguridad, capacitaciones para el manejo de básculas, fábrica visual, entre otras, son claves para el éxito del proyecto y el mantenimiento de programas como las 5S, ISO 9001, ISO 14001 son claves para ello. **Cambios en los SOP:** Los cambios deben ser

oficializados a diferentes niveles en las áreas relacionadas con la(s) modificación(es) de los procedimientos y se mantienen a través de auditorias con los encargados de la ISO. **Estandarización del proceso:** Este manejo de estandarización y mejoramiento continuo se establece a través de los programas que la compañía tiene establecidos como el de las 5S, programas de capacitaciones y capacitaciones realizadas en algunos temas estadísticos para personas como Green Belts para controles, retroalimentaciones y toma de acciones preventivas y/o correctivas. **Fábrica visual:** Después de identificar los puntos críticos para el proyecto, se definen los siguientes ítems: Control de cantidades envasadas, gráficas de control (identificando # de unidades erradas), hoja para sugerencias, etc. En cada punto se darán difusiones de la información a los implicados en el proceso, para mantener clara la importancia de hacer control en esos puntos y la necesidad de dar a conocer información.



Figura 6. Tablero para difusión de resultados

**Mediciones mensuales de resultados:** En las líneas de producción, se tomarán datos diarios en los puestos de envasado con modificaciones; con estos datos se identificarán principalmente dos situaciones: la variación en el proceso de envasado, el # de unidades o porcentaje de unidades que se están envasando con mas o menos cantidad de la requerida, permitiendo hacer diagnóstico de progreso en el proceso. **Sistemas de recolección de datos:** Son registros que llevan K/g/l teórico, peso de unidades envasadas, datos de lotes envasado; de cada producto envasado se toman muestras aleatorias y se registran los datos de peso por unidad. **Requerimientos de entrenamiento:** Según las mediciones realizadas y analizadas a través de los Gages, es importante que se mantengan capacitaciones en aplicaciones de los procedimientos de envasado, manejo y calibración de básculas. **Programa de mantenimiento preventivo:** Las actualizaciones de

los procedimientos y la difusión de los mismos, son necesarios para lograr la estandarización buscada. Los ajustes deben ser reportados a los implicados en los procesos y los responsables de actualizar los procedimientos de la ISO, para no tener que tomar acciones correctivas después. **Ítems abiertos para acción:** Las capacitaciones para calibración y manejo de básculas, dependen de la coordinación del Green Belt y el Coordinador de Gestión Humana. Las actualizaciones y difusión de los SOP dependen del Green Belt, los dueños del proceso y el Coordinador de ISO. La Gerencia General y la Gerencia de Logística, se comprometen a definir varios puntos de almacenamiento dentro de la planta para PT, para evacuar el producto de la planta inmediatamente se entregue y contando siempre con espacio. Las mediciones se realizarán todos los meses, en todos los puestos de envasado modificados. Los análisis de datos y las acciones preventivas y/o correctivas que surjan de dicho análisis deben ser realizados inmediatamente y asegurar el mantenimiento de las mismas. El Green Belt, se convierte en el dueño del proceso y junto con los envasadores deben poner en marcha las acciones necesarias. Cada quince días o cada mes, según el volumen de producción, el Green Belt se deberá reunir con los envasadores y analizar la información de la fábrica visual (Gráfica P), recibir sugerencias y trabajar con propuestas planteadas por ellos que permitan seguir mejorando.

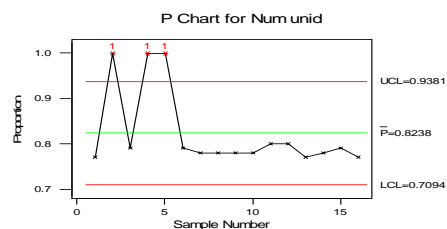


Figura 7. Gráfica de control P del proceso de envasado

### 3. Resultados

#### 3.1 Costos (inversión)

Revisando en detalle los componentes de los costos, obteniendo información de los lotes fabricados en el año 2007, se observa que el mayor porcentaje de contribución se encuentra en los materiales (92%), el resto lo componen el costo indirecto de fabricación y la mano de obra. A continuación se da un ejemplo de cómo se calcula el costo de un lote de pintura de 700 galones, pero para efectos del proyecto se trabaja con el costo promedio que es \$ 5.14 / Galón.

**Tabla 4.** Cálculo del costo de un lote de producción

Componente	Cantidad (Kgs.)	Costo (\$/Kilo)	Costo del lote (\$)	Costo / Galón (\$)
C211	0.068	0.68	0.046	
E232	6.939	8.86	61.478	
E464	6.122	7.3	44.694	
E466	5.102	3.05	15.561	
E624	28.163	2.65	74.633	
E742	29.592	11.7	346.224	
E846	16.327	2.79	45.551	
H1626	581.633	1.42	825.918	
N262	811.224	0.74	600.306	
N272	46.327	1.77	81.998	
N359	69.388	1.89	131.143	
N439	346.939	0.44	152.653	
S590	30.612	2.67	81.735	
S714	2629.728	0	0	
W830E	397.959	2.31	998.878	
TOTAL MATERIA PRIMA (\$)			3,460.82	
TOTAL CIF (\$)			239.34	
TOTAL MANO DE OBRA (\$)			103.49	5.142

Para el mejoramiento del puesto de trabajo se construyeron mesas de madera que sirvan de soporte para tinas de envasado, tapas y balanza y otra para que sirva como banda para los envases.

**Tabla 5.** Costos de juegos de mesas

Descripción de Mesas	Unidades	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Soporte de Tina	8	45	360
Banda	8	45	360
Soporte de Balanza	8	20	160
Soporte de Tapas	8	20	160
<b>Costo Total de Juegos de Mesas</b>			<b>\$ 1040</b>

También se compraron bombas Neumáticas y balanzas electrónicas:

**Tabla 6.** Costos de bombas neumáticas y balanzas

Descripción	Unidades	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Bomba Neumática, Diafragma y Bolas de Teflón, Absorción 1½" y Expulsión 1¼"	3	1135	3405
Bomba Neumática, Diafragma y Bolas de Neopreno, Absorción 1½" y Expulsión 1¼"	5	773	3865
Balanzas Electrónicas, Capacidad En Peso: De 0 a 30 Kgs. División De Escala: De Gramo En Gramo.	5	450	2250
<b>Costo Total de Bombas Neumáticas y Balanzas</b>			<b>\$ 9520</b>

Valores del viaje del Black Belt Colombiano, junto con la estadía y alimentación aquí en Ecuador. En total se invirtieron \$2120.

### 3.2 Resultados

A continuación se detalla el resultado total del beneficio del año de medición del proyecto y los responsables de proporcionar los datos:

**Tabla 7.** Variables de medición del beneficio con responsable de medición

DESCRIPCIÓN DE DATOS	RESPONSABLE
Producción del mes en galones	Director Financiero
% de galones con variación por encima del 1%	Constante
Variación por encima del 1%	Constante
% de galones dentro del ± 1%	Green Belt
Costo promedio de fabricación por galón del mes	Director Financiero
Galones Envs. en puestos de trabajo	Green Belt

**Tabla 8.** Cálculo del beneficio por mes

Ago - 08	Sep - 08	Oct - 08	Nov - 08
57,894	67,551	73,511	211,958
64 %	64 %	64 %	64 %
2.57 %	2.57 %	2.57 %	2.57 %
99.89 %	99.92 %	99.99 %	100.00 %
\$ 5.06	\$ 5.20	\$ 5.06	\$ 5.00
<b>\$ 4,813.09</b>	<b>\$ 5,772.88</b>	<b>\$ 6,117.24</b>	<b>\$ 17,431.44</b>

Dic - 08	Ene - 09	Feb - 09	Mar - 09
241,978	230,104	162,010	150,719
64 %	64 %	64 %	64 %
2.57 %	2.57 %	2.57 %	2.57 %
100.00 %	100.00 %	100.00 %	100.00 %
\$ 5.14	\$ 4.98	\$ 5.30	\$ 5.45
<b>\$20,457.45</b>	<b>\$18,848.09</b>	<b>\$14,123.16</b>	<b>\$13,510.67</b>

Abr - 09	May - 09	Jun - 09	Jul - 09
110,986	171,256	193,583	215,158
64 %	64 %	64 %	64 %
2.57 %	2.57 %	2.57 %	2.57 %
100.00 %	100.00 %	100.00 %	100.00 %
\$ 5.16	\$ 5.10	\$ 5.00	\$ 5.21
<b>\$ 9,419.60</b>	<b>\$ 14,365.77</b>	<b>\$ 15,920.30</b>	<b>\$ 18,437.76</b>

DESCRIPCIÓN	TOTAL
Ahorro del año en galones	<b>30,986</b>
Ahorro del año en dólares	<b>\$159,217.45</b>

Para calcular el Beneficio real del proyecto se debe descontar todos los rubros descritos en 3.1:

**Tabla 9.** Cálculo del beneficio real del proyecto

Descripción	Costos (\$)
Juegos de mesa	1040
Balanzas	2250
Bombas Neumáticas	7270
Viajes, estadía y alimentación de Black Belt	2120
<b>Total</b>	<b>12,680.00</b>

Descripción	Ahorro (\$)
Ahorro	159,217.45
<b>Beneficio Total del Proyecto</b>	<b>\$ 146,537.45</b>

### 3.3 Beneficios Adicionales

A continuación, presentamos los beneficios que se presentaron en el desarrollo del proyecto, que no fueron tomados en cuenta al momento de cálculo:

**Productividad:** La productividad del personal mejoró sustancialmente de 25 Glns./HrHbre. a

28.3 Glns./HrHbre., es decir, que por cada hora hombre trabajada se hicieron 3.3 Glns. Más.

✚ **# de Operarios Necesarios:** Al mejorar la productividad se requiere de menos mano de obra y se optimizan los costos, en total se requirió 7 personas menos.

✚ **Desperdicio en Material de Empaque:** El desperdicio de material de empaque se producía por la posición del operador, ya que se provocaban constantes derrames pequeños que involucraban cambios de etiquetas. Se redujo del 6 % habitual al 2.2%.

✚ **Salud del Personal:** Para medir el beneficio en cuanto a salud del personal se solicitó al departamento de Seguridad y Salud Ocupacional, el número de días de licenciamiento por dolores lumbares o de articulaciones que se hayan presentado por sobreesfuerzos o malas posturas en el personal de envasado. El resultado final es que se disminuyó de 135 días a 40, es decir, que los días de licenciamiento por este motivo se redujeron en un 70.4 %.

#### 4. Conclusiones

Se alcanzó el objetivo planteado, a partir del cuarto mes de medición el 100% de las presentaciones de los productos están dentro de los límites permitidos. Adicional a esto, cada mes se chequean 100 unidades al azar para comprobar el resultado obteniendo la misma medición.

Inicialmente se analizó la base de datos recopilada. Al aplicar el Pareto según las variaciones en los distintos los tipos de envasado, se identificó el envasado manual y sus diversas formas, como los puntos clave a controlar.

Los cambios en los procedimientos permiten estandarizar el proceso y hacer más ágil algunas operaciones, por lo que es necesario hacer seguimiento constante, difusión y auditorias a través de la ISO para asegurar que los implicados apliquen en forma adecuada los SOP.

Los resultados deben permanecer en el tiempo. El mejoramiento continuo en el procedimiento de envasado debe llevar a la compañía a tener un proceso más seguro y eficiente.

La participación de los envasadores en las mejoras de los puestos de trabajo, ideas, sugerencias, etc., son muy importantes, pues pueden facilitar y mejorar notablemente el proceso y al saber que son tenidos en cuenta y que sus ideas son muy importantes, se convierten en dolientes y dueños reales de sus procesos.

#### 5. Recomendaciones

La inercia a la que se está acostumbrado, puede bloquear frente a muchas situaciones que obviadas para personas ajenas a la operación, son transparentes

para los dueños de los procesos. Romper esta tendencia y generar actitudes de mente abierta en las personas del proceso, es difícil. Por esta razón es necesario hacerlos partícipes desde el principio del proyecto y construir en forma conjunta un objetivo concreto en el que todos estén comprometidos.

Es importante ser concientes que no solo se deben cumplir los requerimientos de la empresa, también existen una serie de requerimientos externos, que definen lineamientos adicionales que deben ser tenidos en cuenta, asegurando un buen servicio al cliente. (Como la normatividad de cantidades a envasar).

Buscar la estandarización de los procesos. Esto permite conocer las variaciones de la teoría vs. la realidad, logrando identificar generadores de fallas en el proceso a controlar y por ende costos, tiempos, propiedades o resultados no deseados.

Al realizar mediciones directas en los puestos de trabajo, se debe generar espacios para intercambiar ideas entre operarios y coordinadores de producción sobre los procesos, tomar en cuenta sus sugerencias y realizar cambios que mejoren el desempeño de los mismos, estableciendo programas de capacitación relacionados con su trabajo; el manejo y análisis de la información brindada por los operarios, es una herramienta importante, que hace que la persona se apropie de su trabajo, no limitándose solo al trabajo del día a día, sino de una manera integral donde busca mejoramiento sostenible en el tiempo.

#### 6. Agradecimiento

Se agradece a la Compañía Pinturas Ecuatorianas S.A. por las facilidades prestadas para el desarrollo del presente trabajo, al equipo de trabajo que prestó sus conocimientos, sin los cuales, no hubiera sido posible la consecución de los resultados obtenidos. Un agradecimiento especial por su aporte y enseñanza al Black Belt designado por el Grupo de Inversiones Mundial. Y el más grande de los agradecimientos al Dr. Kléber Barcia Villacreses por la ayuda, guía y direccionamiento de esta tesis de grado.

#### 7. Referencias

- [1] PANDRE, P., NEUMAN, R., CAVANAGH, R., *Las Claves de Seis Sigma*, 1<sup>ra</sup> Edición, McGraw-Hill/Interamericana, Madrid, España, 2004.
- [2] WADE, V., ALDERETE, P., COLOMBO, P., DI ESTEFANO, A., "Six Sigma Ó de Cómo las Pinzas y Martillos se Toman Tecnología de Punta", [http://eco.unne.edu.ar/contabilidad/costos/XXVIia\\_puco/Trabajo19.doc](http://eco.unne.edu.ar/contabilidad/costos/XXVIia_puco/Trabajo19.doc), Septiembre 2003.
- [3] MURILLO, B., "Integración del Statgraphics Plus en un Programa Seis Sigma", <http://www.statgraphics.net/SeisSigma.pdf>, Febrero 2008.