

## ***Reducción de Desperdicios en el Proceso de Manufactura***

*Stephanie Borges Saavedra  
Programa de Gerencia de Ingeniería  
Dr. Héctor J. Cruzado  
Escuela Graduada  
Universidad Politécnica de Puerto Rico*

---

**Resumen** — *La compañía X produce empaques para el área de la salud. La misma produce un alto volumen de desperdicios en el área de flexografía. La metodología utilizada para el desarrollo del proyecto fue DMAIC. En la primera fase, Definir, se estableció la meta principal de reducir los desperdicios en un 20%. En la segunda fase, Medir, se midió el estado actual del proceso de manufactura. En la tercera fase, Analizar, se identificó la causa raíz del problema. En la cuarta fase, Mejorar, se desarrollaron, validaron e implementaron las soluciones surgidas del análisis de causa raíz. En la quinta fase, Control, se estandarizó el método de trabajo, se creó una plantilla para los procedimientos y se ofrecieron ejemplos de visuales de 5S para las áreas de manufactura. El impacto final de este proyecto fue un 36% de reducción de desperdicios, un ahorro total de \$183,439.24, producción más efectiva y mejor calidad en los productos.*

**Términos Claves** — *Productividad, 5S, DMAIC*

### **INTRODUCCIÓN**

La compañía X tiene una alta producción de desperdicios y/o defectos en el área de flexografía. Esta área se encarga de producir tapas, etiquetas y rollos. Se define desperdicio como cualquier recurso que no sea la cantidad mínima de equipo, materiales, piezas, espacio y tiempo del trabajador, que son absolutamente esenciales para agregar valor al producto [1]. Debido a los altos volúmenes de desperdicios y/o defectos, la compañía pierde alrededor de \$509,553.44 al año. Para realizar la evaluación del problema se utilizaron las primeras tres fases de la metodología DMAIC:

- Definir - Es la fase donde se identifican posibles proyectos de mejora dentro de una compañía [2].
- Medir -Una vez definido el problema a atacar, se debe de establecer que características determinan el comportamiento del proceso [2].
- Analizar - Esta etapa tiene como objetivo analizar los datos obtenidos del estado actual del proceso [2].

Luego de identificar el problema se realizó una evaluación para proporcionar opciones para resolver el mismo. Para realizar dicha evaluación se utilizó la cuarta fase del Proceso DMAIC:

- Mejorar - Una vez que se ha determinado que el problema es real y no un evento aleatorio, se deben identificar posibles soluciones [2].

Por último, se estableció un proceso de resolución de problemas y para esta parte se utilizó la última fase de la metodología DMAIC:

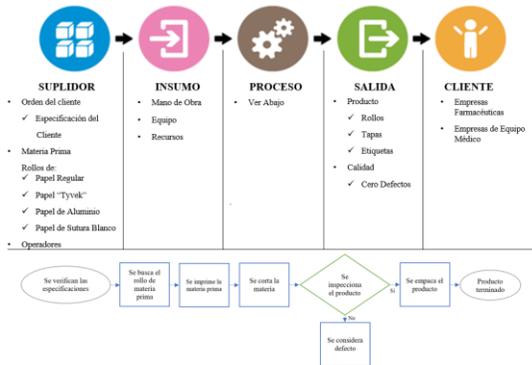
- Controlar - Finalmente, una vez que encontrada la manera de mejorar el desempeño del sistema, se necesita encontrar como asegurar que la solución pueda sostenerse sobre un período largo de tiempo [2].

El propósito de este proyecto es eliminar y/o reducir los defectos y/o desperdicios en el área de flexografía en al menos un 20%, aumentando así la productividad de los empleados y de esta manera conseguir lo que toda compañía desea una cultura de trabajo con cero defectos y/o desperdicios.

### **MÉTODOS Y ANÁLISIS**

La metodología DMAIC se compone de cinco fases. Durante la primera fase se trabajó en identificar las mejoras. Para entender el proceso de producción en el área de flexografía se preparó un

diagrama “SIPOC”, el mismo se muestra en la Figura 1. Este diagrama ayuda a definir los límites del proyecto ayudando de esta manera a determinar en qué puntos se debe recopilar data.



**Figura 1**  
**Diagrama SIPOC**

El propósito de la herramienta de la Voz del Cliente es identificar los factores de negocio claves que logran la satisfacción del cliente. Esta herramienta se muestra en la Tabla 1. A través de esta herramienta se identificó la necesidad, los problemas que no permiten satisfacer la necesidad y la forma en qué se pueden solucionar esos problemas que afectan a los clientes.

**Tabla 1**  
**Voz del Cliente**

Voz del Cliente	Problemas claves del cliente	Requerimientos críticos del cliente
¿Qué el cliente quiere?	Problemas que nos impiden lograr la satisfacción	Resumen problemas claves, traducirlos a requerimientos medibles
Alta calidad	El producto no cumple las especificaciones	El producto tiene que cumplir
Precios accesibles	Costo Alto	Precios Competitivos
Buen servicio	Mal servicio	Visión dirigida a complacer
0 defectos	Productos Defectuosos	Cumplir con las exigencias
Entrega a tiempo	Mas de 4 semanas de espera	Tiempo de espera menor a 4 semanas

Durante la segunda fase se recolectaron datos de la situación actual del área de flexografía. Lo primero que se tiene que hacer para seleccionar la data correcta durante la ejecución del proyecto es desarrollar un plan de recolección de data. Para crear un buen plan, métricas que representan el rendimiento total del proceso deben ser determinadas. La Tabla 2 está dividida en seis partes que ayudarán a entender el propósito y el uso de la data que sea recolectada. La Tabla 2 incluye todas las métricas tomadas en consideración a través de la fase de medida.

**Tabla 2**  
**Plan de Recolección de Data**

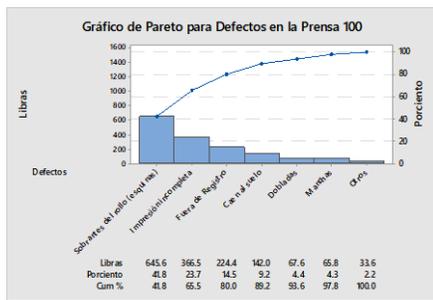
Métrica	• Desperdicios y/o defectos
Factor	• Libras de desperdicios y/o defectos por turno
Definición Operacional	• Desperdicio es cuando un producto no cumple con las especificaciones y no puede catalogarse como producto terminado. • Un producto es rechazado cuando no cumple con las especificaciones de calidad.
Fuente y Localización	• La data es generada directamente de la producción de las tres familias de productos. Las mismas son: etiquetas, tapas y rollos.
Método de Colección	• El material clasificado como desperdicio será recogido al final de cada máquina. Al final de cada turno un operador pesará el mismo.
¿Quién recolecta la data?	• El operador designado, el mismo tiene como tarea documentar el peso.

Inicialmente se tomó una muestra de 30 observaciones. Este muestreo preliminar se realizó con el propósito de identificar la cantidad necesaria para obtener un muestreo significativo. Para determinar la cantidad estadísticamente representativa, se utilizó la siguiente fórmula:  $N = ((1.96) * (2.82)) / ((0.1) * (4.56)) = 144$ . Para calcular la cantidad representativa se utilizó un 95% de confiabilidad y una precisión de 15%. Luego de obtener la data necesaria, se utilizaron gráficas de Pareto (Figuras 2, 3 y 4) para asignar un orden de prioridades. Los datos recolectados pertenecen a las maquinas 100, 104 y 106 del área de flexografía. Siguiendo el principio de Pareto, se puede observar en la Figura 2 que los defectos de mayor incidencia son los defectos de sobrantes del rollo, impresión incompleta y fuera de registro, estos tres representan el 80%. Esto quiere decir que, el 41.8% de las veces, el material es descartado ya que el rollo es más grande que la cantidad necesaria para realizar el lote. En la Figura 3 se observa que los defectos de sobrantes del rollo, fuera de registro e impresión incompleta, son los de mayor ocurrencia. Se debe re-evaluar el proceso detalladamente para poder decidir en cual defecto se debe enfocar. En la Figura 4 los defectos de mayor incidencia son sobrantes del rollo, fuera de registro, impresión incompleta y caen al suelo; estos representan un 90.6% de los defectos ocurridos. Esto quiere decir que el 36.5% de las veces el material es descartado ya que el rollo es más grande de lo necesario.

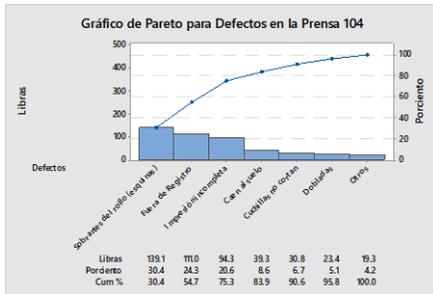
Durante la tercera fase se analizaron todos los datos recolectados hasta el momento. Luego de identificar diferentes áreas y posibles mejoras, es de gran importancia llevar a cabo un análisis de valor añadido. Un análisis de valor añadido es un método en el que un proceso es simplificado a sus pasos

esenciales (Ver tabla 3). El análisis de los datos muestra que durante el proceso un 46.43% es invertido en tareas que añaden valor desde el punto de vista del cliente, un 14.29% no añaden valor para el cliente, pero son tareas necesarias para la compañía y un 39.29% no añaden ningún valor. Para un total de 56 minutos.

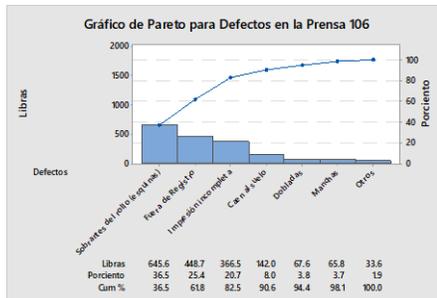
Actualmente el área no cuenta con procesos escritos, las oportunidades de identificar mejoras están enfocadas no solo en las tareas que no añaden valor, sino también en las que añaden valor que pueden mejorar.



**Figura 2**  
**Gráfica de defectos en la Prensa 100**



**Figura 3**  
**Gráfica de defectos en la Prensa 104**



**Figura 4**  
**Gráfica de defectos en la Prensa 106**

**Tabla 3**  
**Análisis de valor añadido – Proceso de Manufactura**

Tarea	Añade valor (min)	Negocio que no añade valor (min)	No añade valor (min)
El operador lee las especificaciones ("Job Jacket") del trabajo a realizar		5	
El operador busca la materia prima			3
El operador busca el "die" a utilizarse en el trabajo			8
El operador instala el "die" en la máquina (prensa)	7		
El operador busca las placas a utilizarse en el trabajo			3
El operador instala las placas en la máquina (prensa)	4		
El operador busca las tintas a utilizarse en el trabajo			8
El operador instala las tintas en la máquina (prensa)	15		
El operador prepara dos muestras consecutivas para recibir el visto bueno		1	
El técnico de calidad verifica las muestras para comenzar la producción		2	
<b>Total (min)</b>	<b>26</b>	<b>8</b>	<b>22</b>
<b>Porcentaje (%)</b>	<b>46.43%</b>	<b>14.29%</b>	<b>39.29%</b>

Una vez las causas potenciales han sido identificadas, llega el momento de saber si existe alguna relación entre ellas realizando un análisis de regresión. Partiendo desde la premisa de que si no se cuenta con los tamaños adecuados de rollos para hacer los productos la cantidad de material descartado será alta en las tres máquinas, se recolectaron datos de las tres máquinas para poder realizar un análisis de regresión.

**Tabla 4**  
**Defectos Máquina 100**

Medida	Defectos (lbs)
1	13.41
2	32.05
1	16.04
2	28.63
1	29.56
2	35.66
1	20.85
2	36.96

**Tabla 5**  
**Resumen Defectos Máquina 100**

	Defectos (lbs) Turno 1	Defectos (lbs) Turno 2
Total	79.86	133.3
Media	19.97	33.33
Desviación Estándar	11.64	17.98

Los datos generados por las maquinas 100, 104 y 106, fueron tomados durante cuatro días. En la Tabla 4, la medida 1 representa la cantidad de libras acumuladas durante los primeros dos días, en estos dos días se contó con los tamaños de rollo necesarios para los trabajos a realizarse. La medida 2 representa la cantidad de libras acumuladas en los siguientes dos días en los cuales no se contó con los tamaños correspondientes. En un análisis de regresión, la variable importante lo es el coeficiente de Determinación ( $R^2$ ) utilizado para juzgar la idoneidad del modelo de regresión, representando la cantidad de variabilidad en la data explicada o

representada por el modelo. Para calcular  $R^2$  la ecuación utilizada es la siguiente:  $R^2 = SSR/SST = 1 - SSE/SST$ , donde  $0 \leq R^2 \leq 1$ . Es importante que el coeficiente este cerca de 1, mientras más cerca está más correlación existe en la data analizada. En las Figuras 5, 6 y 7 se muestran los resultados del análisis para las máquinas 100, 104 y 106. Los tres análisis de regresión permiten concluir que existe una correlación lineal entre la cantidad de libras de material desperdiciados y el defecto de los sobrantes de rollos.

Análisis de regresión: Defecto vs. Medida Máquina 104					
La ecuación de regresión es					
Defecto = - 1.030 + 13.58 Medida					
S = 4.74536 R-cuad. = 73.2% R-cuad. (ajustado) = 60.7%					
Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	1	369.104	369.104	16.39	0.007
Error	6	135.111	22.518		
Total	7	504.215			

**Figura 5**  
Análisis de Regresión Máquina 100

Análisis de regresión: Defecto vs. Medida Máquina 106					
La ecuación de regresión es					
Defecto = 9.900 + 5.197 Medida					
S = 1.89212 R-cuad. = 71.6% R-cuad. (ajustado) = 66.8%					
Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	1	54.0280	54.0280	15.09	0.008
Error	6	21.4808	3.5801		
Total	7	75.5088			

**Figura 6**  
Análisis de Regresión Máquina 104

Análisis de regresión: Defecto vs. Medida Máquina 106					
La ecuación de regresión es					
Defecto = 9.900 + 5.197 Medida					
S = 1.89212 R-cuad. = 71.6% R-cuad. (ajustado) = 66.8%					
Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	1	54.0280	54.0280	15.09	0.008
Error	6	21.4808	3.5801		
Total	7	75.5088			

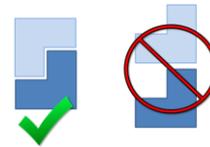
**Figura 7**  
Análisis de Regresión Máquina 106

En la cuarta fase se desarrollaron y se validaron las soluciones surgidas del análisis efectuado en la fase anterior. El problema de los tamaños de los rollos afecta grandemente la generación de libras de producto defectuoso. Buscando una forma de disminuir la cantidad de desperdicios generados y a la misma vez aumentar la buena producción por turno, se generaron soluciones que podrían funcionar como base para encontrar una solución viable para el problema existente. Las soluciones son:

- Establecer un método Kanban para los rollos.
- Mejorar la comunicación de las áreas de planificación, producción y compras.

A través del proceso se identificaron otras áreas de oportunidad en donde se podrían implementar mejoras que optimizarían el proceso. Están son:

- Relocalizar las áreas para un mejor, rápido y eficiente ajuste de máquina.
- Crear procedimientos detallados para cada uno de los procesos en la compañía.
- Hacer estudios a los empleados en los que se prueben sus habilidades, para así reforzar aquellas que sean necesarias.
- Acomodar las impresiones de tal manera que se economice material.
- Bandeja al final de cada máquina para evitar que el producto termine en el piso.



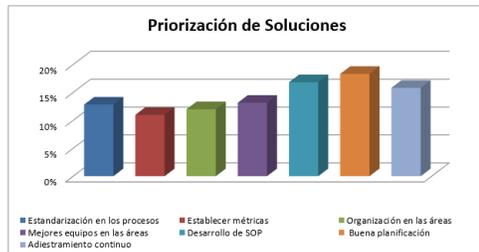
**Figura 8**  
Ejemplo de la ubicación de etiquetas y tapas



**Figura 9**  
Ejemplo bandeja para las máquinas

Como parte del proyecto se realizó una matriz de priorización de soluciones. Basado en los resultados obtenidos en la Figura 10, para lograr mejores resultados necesitamos implementar las soluciones provistas en el siguiente orden:

- Buena planificación
- Desarrollo de SOP
- Adiestramiento continuo
- Mejores equipos en las áreas
- Estandarización en los procesos
- Organización en las áreas
- Establecer métricas



**Figura 10**  
Resultados de la Matriz de Priorización

Luego de correr una prueba piloto, se trabajó un análisis financiero para ver el impacto de las mejoras en el negocio. Al comienzo del proyecto se midieron lo siguientes resultados:

- 69,484.56 libras de defectos y/o desperdicios
- \$509,553.55 anuales

Luego de trabajar la causa raíz que lo es los sobrantes de rollo, se obtuvieron los siguientes resultados:

- 44,470 libras de defectos y/o desperdicios
- \$326,114.2 anuales

Al lograr estos números, se reduce un 36% el producto defectuoso. Estos números se pueden mejorar más al implementar las otras soluciones.

Durante la quinta fase se estandarizaron métodos de trabajo, se anticiparon mejoras futuras y se preservaron las lecciones aprendidas. La clave del éxito se encuentra en la estandarización de las mejoras que se quieren implementar. Son siete las mejoras a implementar en el presente proyecto, estas son:

- Buena planificación – Reuniones semanales entre las áreas de producción, planificación y compras.
- Desarrollo de SOP – Los procedimientos serán creados en Excel y abarcarán las áreas de información, métodos, ajuste de máquina, limpieza, empaque, ayudas visuales y especificaciones.
- Implementación de 5S – Se debe explicar al personal que es 5S y para que funciona. Las áreas deben tener visuales que motiven al empleado. (Ver Figura 11)



**Figura 11**  
Ejemplo Visual 5s

Establecer un plan de monitoreo es una herramienta fundamental para lograr el éxito. En la Tabla 6, se presenta el plan de monitoreo con los conceptos que reflejan las estrategias seleccionadas que sustentan las mejoras implementadas.

**Tabla 6**  
Plan de Monitoreo, Control y Mantenimiento

Plan de Monitoreo, Control y Mantenimiento				
Proceso a Controlar	Aspectos a Controlar	Persona/Departamento Responsable	Método de Control/Actividades	Fecha Tope
Reuniones de Producción	Ejecución y Efectividad	Administración, Departamento de Calidad y el Operador	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Entrenar Operador</li> <li>✓ Auditar Procesos</li> <li>✓ Inspecciones al Azar</li> </ul>	Semanal
"Standard Operation Procedure"	Ejecución de los procesos	Administración, Departamento de Calidad y el Operador	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Entrenar Operador</li> <li>✓ Auditar Procesos</li> <li>✓ Inspecciones al Azar</li> </ul>	Cada dos o tres meses
5S	Áreas Organizadas y Limpias	Administración, Departamento de Calidad y el Operador	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Entrenar Operador</li> <li>✓ Auditar Procesos</li> <li>✓ Inspecciones al Azar</li> </ul>	Cada dos o tres meses

Los métodos de control seleccionados son:

- Entrenamiento al Operador
- Auditar los Procesos
- Inspecciones al Azar

Este plan de control debe ser ejecutado con disciplina. Además, es importante señalar que mantener y ejecutar este plan brindara beneficios en términos económicos.

## CONCLUSIÓN

Como resultado del proyecto se obtuvo una reducción de un 36% en libras de desperdicios, un ahorro de \$183,439.24 anuales, una producción más efectiva y una mejor calidad en los productos. Los operadores se verán beneficiados teniendo las herramientas necesarias para completar su jornada a la mano, mientras que el cliente tendrá un producto con las especificaciones correctas, a un precio cómodo y de alta calidad.

## **REFERENCIAS**

- [1] Gregorio Menéndez. (2014). Los 7 Mudas: ¿Sabes cuáles son los 7 desperdicios de las empresas?
- [2] Jared R. Ocampo, & Aldo E. Pavón. (2012) Integrando la Metodología DMAIC de Seis Sigma con la Simulación de Eventos Discretos en Flexsim.