

MEJORA EN UNA CELDA DE MANUFACTURA EN EMPRESA DE COMPONENTES AUTOMOTRICES USANDO LA HERRAMIENTA DMAIC

MC Enrique Barrón López¹, Dr Jesús Gonzalo Palacios Valerio², Ing Isela Janeth Espino Ramos³

Resumen-Este proyecto se centra en un ambiente de manufactura en una empresa que fabrica componentes para la industria automotriz de exportación. La problemática gira alrededor de un nuevo producto para el cual se cuenta con una celda de manufactura previamente diseñada en la que se han hecho corridas piloto de producción y se ha encontrado que la capacidad actual de producción no cumple con la demanda pronosticada. Se plantea la solución mediante la aplicación de la herramienta DMAIC, y se presentan los resultados obtenidos, los cuales son satisfactorios de acuerdo con el planteamiento inicial.

Palabras Clave: DMAIC, Manufactura Esbelta

Introducción

La metodología DMAIC es una herramienta muy usada en diversos ámbitos de investigación de causas y solución de problemas, principalmente el industrial. Ayuda a establecer una secuencia clara de acciones a seguir, iniciando con la definición del problema y terminando con el seguimiento a la solución implementada. DMAIC, que está muy ligada con Seis Sigma en su aplicación y cuyo ciclo se muestra en la Figura 1, debe su nombre al acrónimo de los pasos al resolver un problema que son:

DEFINIR. En esta etapa debe definirse claramente el problema a resolver, así como el cliente y sus requerimientos. Debe especificarse y documentarse la parte del proceso que va a someterse a análisis.

MEDIR. Mediante el establecimiento de las variables bajo estudio, auxilia a medir el desempeño actual del proceso mediante la observación y obtención sistemática de datos. Ayuda a identificar las causas raíz.

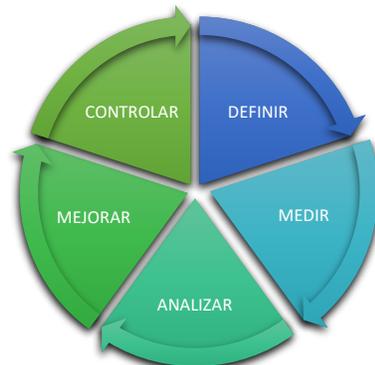


Figura 1 Ciclo DMAIC

ANALIZAR. Se examinan a fondo los procesos y se determinan las causas raíz de problemas y defectos, identificando las razones de variación. Se busca identificar los tiempos de ciclo, re trabajo, tiempos muertos y todo aquello que no añada valor.

MEJORAR. Improve. Se deben generar y cuantificar alternativas de solución y seleccionar la mas viable. De igual forma, se debe implementar la opción seleccionada.

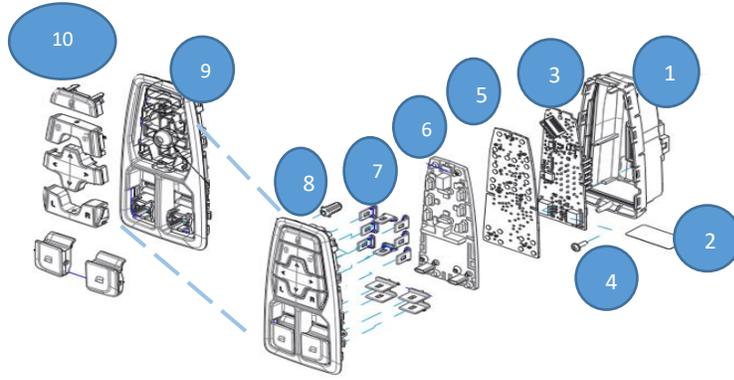
CONTROLAR. Se deben implementar acciones de seguimiento y evaluación de desempeño de la solución implementada y asegurar que esta se mantiene.

Para el presente proyecto se decidió aplicar la metodología DMAIC por la experiencia previa en su manejo y considerarse adecuada al caso, el cual consiste en un nuevo producto que es un interruptor para control de puertas de automóvil llamado DCP, que cuenta con celda de manufactura diseñada exclusivamente, pero en las corridas piloto iniciales ha mostrado falta de capacidad con respecto al nivel de manufactura esperado que es de 31 piezas por hora. El producto se muestra en la Figura 2, y la Figura 3 muestra el diagrama de explosión del mismo.

¹MC Enrique Barrón López es profesor investigador en el IIT de ia UACJ ebarron@uacj.mx , autor corresponsal

²Dr Jesús Gonzalo Palacios Valerio es profesor investigador en el IIT de ia UACJ jpalacio@uacj.mx

³Ing Isela Janeth Espino Ramos es egresada de Ingeniera Industrial y de Sistemas en el IIT de la UACJ Janeth.espino11@gmail.com



- 1-Base
- 2- Etiqueta
- 3. Tablilla Inferior
- 4.Tornillo
- 5. Tablilla Superior
- 6. Teclado Plastico
- 7. Clips
- 8. Palanca
- 9. Tapa
- 10. Botones

Figura 2 Interruptor de Puertas DCP

Figura 3 Diagrama de Explosión

En las corridas piloto se efectuaron mediciones de salida de producción por turno y se obtuvo un máximo de 25 piezas por hora, por lo que se plantea lo siguiente:

OBJETIVO. Lograr mediante la aplicación de la metodología DMAIC un nivel de producción de 31 piezas por hora para el interruptor para puertas DCP.

HIPOTESIS NULA. La aplicación de la metodología DMAIC permitirá alcanzar al menos un nivel de producción de 31 piezas por hora.

H₀ $\mu \geq 31$

HIPOTESIS ALTERNATIVA. La aplicación de la metodología DMAIC no permitirá alcanzar al menos un nivel de producción de 31 piezas por hora.

H₁ $\mu < 31$

Metodología

1) DEFINIR. Se inició con identificar la distribución de la línea actual y las etapas del proceso. El proceso consta de 5 operaciones de manufactura numeradas 140, 150, 160, 170 y 180 como se muestra en la Figura 4. Se cuenta con una celda de manufactura mostrada en la Figura 5 con 5 estaciones de trabajo para efectuar las operaciones anteriormente mencionadas. Esto delimita el proyecto.

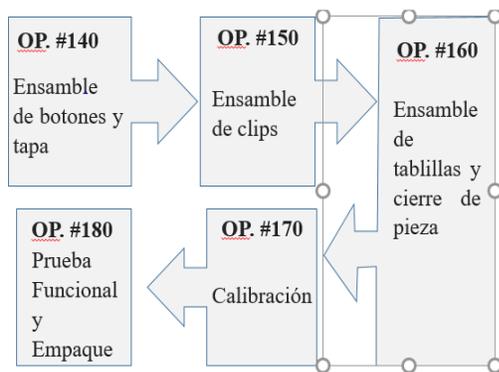


Figura 4 Proceso DCP

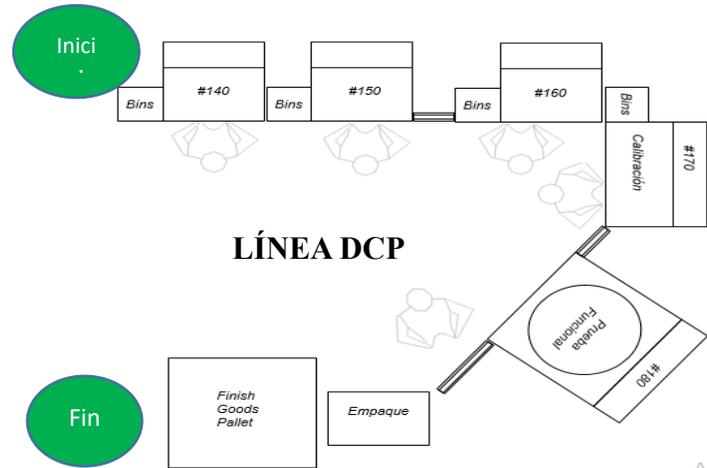


Figura 5 Celda DCP

Cada una de las 5 operaciones del proceso fue desglosada en las actividades que el operador hace para efectuarlas, obteniendo lo siguiente: **Operación #140:** 9 actividades, **Operación #150:** 6 actividades, **Operación #160:** 12 actividades, **Operación #170:** 6 actividades, **Operación #180:** 14 actividades. Todas las operaciones se efectúan con auxilio de máquinas semiautomáticas, las cuales tienen su propio tiempo de ciclo. No se muestran las actividades de cada operación por cuestiones de extensión del documento.

A continuación, se calculó el **Takt Time** requerido en el proceso para este producto, partiendo de la demanda anual esperada. Para ello se consideró la demanda de 108 000 piezas anuales, 250 días laborables x año, dos turnos con tiempo total disponible de 16.16 horas x día, y una eficiencia OEE de 85%. Con esto se obtiene un tiempo de ciclo planeado de 114.5 seg / pieza y un tiempo Takt de 134.7 seg / pieza, o 31 piezas / hora, que es el objetivo a lograr en este proyecto. Esto se muestra en la Figura 6. Con esto la primera fase DEFINIR quedó concluida.

DCP		
Requerimientos:	108.000	
Requerimientos extra:		Anual
Requerimientos extra:		
Requerimientos totales:	108.000	
Turnos por día:	2	
Tiempo total disponible:	4041,65	Horas
Días disponibles:	5	Días
Tiempo total disponible(min):	242499	Minutos
Tiempo takt:	134,7	seg / pz.
Requerimientos del cliente/hr:	27	pcs / hr
Eficiencia del equipo:	85%	
Tiempo de ciclo planeado (Seg):	114,5	seg / pz.
Requerimientos reales del cliente/hr:	31	pzs / hr

Turnos	Horas x turno	acum día	Acum/sem	Acum/mens
1	8,42	8,4	42,08	168,33
2	7,75	16,2	80,83	323,33
3	5,25	21,4	107,08	428,33
Acum/anual	Días	Días/mes	Días/año	Semanas
2104,15	5,00	20,00	250,00	50,00
4041,65	5,00	20,00	250,00	50,00
5354,15	5,00	20,00	250,00	50,00

CALCULAR EL TAKT TIME

Figura 6 Cálculo del Takt Time

2) **MEDIR** Se procedió a cronometrar todas las actividades de manufactura identificadas en cada una de las 5 operaciones. Se tomaron 30 lecturas de cada una. En la Figura 7 solo se muestran a manera de ilustración 5 tiempos de cada actividad para las Operaciones 150 y 160, con los tiempos promedio obtenidos en todas las tomas y el tiempo de máquina de cada operación.

MEDICION DE TIEMPOS						
	Nombre del producto:	DCP		Fecha:	08/18/17	
				Página	1	de 1
OPERACIÓN	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	Promedio
#150 Ensamble de clips						
Coloca ensamble (tapa y botones) en escantillón	2,8	3,0	2,98	2,97	3,02	2,9
Coloca 12clips en escantillón sobre el ensamble	50,8	51,0	50,96	51,05	50,63	50,8
Acciona máquina para realizar ensamble por medio de presión.	0,8	0,7	0,72	1,00	0,86	0,9
Tiempo de máquina	3,3	3,1	3,10	3,07	3,21	3,1
Toma ensamble (tapa, botones y clips) y lo retira del escantillón	1,6	1,4	1,52	1,63	1,60	1,5
Coloca ensamble en mesa de siguiente estación	2,8	2,46	2,75	2,64	2,61	2,6
						Tiempo de hombre
						58,7
						Tiempo de máquina
						3,1
						Tiempo de ciclo
						61,8
#160 Ensamble de tabillas y cierre de pieza						
Coloca base en escantillón	8,0	7,6	7,8	8,01	8,03	7,9
Coloca tablilla inferior en escantillón sobre la base.	9,9	9,8	10,3	10,01	9,85	9,9
Cierra escantillón y coloca tornillo en agujero guía.	10,3	11,8	11,23	11,35	11,64	11,3
Toma atornillador manual y ensambla el tornillo	6,9	7,0	6,72	6,75	6,99	6,9
Toma tablilla superior y coloca teclado de plástico.	46,5	46,3	46,12	46,7	46,13	46,1
Esoanea código de tablilla superior y coloca en escantillón sobre tablilla inferior.	15,9	16,7	16,30	15,24	15,87	15,9
Coloca ensamble (tapa, botones y clips)	15,0	14,2	15,02	15,13	15,22	14,9
Cierra escantillón y acciona máquina para realizar ensamble por medio de presión.	4,25	3,22	3,46	4,01	3,89	3,9
Tiempo de máquina	6,2	6	6,3	6,02	6,4	6,2
Toma ensamble final y lo retira del escantillón	2,04	2,03	2,11	2,31	2,24	2,2
Inspecciona el ensamble y coloca etiqueta.	9,9	10,1	9,87	10,31	10,26	10,1
Coloca ensamble final en mesa de siguiente estación	1,9	1,8	1,75	1,45	1,87	1,7
						Tiempo de hombre
						130,7
						Tiempo de máquina
						6,2
						Tiempo de ciclo
						136,9

Figura 7 Toma de tiempos

3) **ANALISIS.** Se agruparon los datos obtenidos en la etapa anterior y se efectuó un analisis detallado de los mismos. La Tabla 1 anexa muestra el analisis efectuado para cada estacion de trabajo.

No.	Nombre de la estacion	Tiempo de ciclo planeado (segundos)	% de utilizacion por operacion	Tiempo de ciclo Tot-(Seg)	Tiempo manual (seg)	Tiempo de máquina (seg)	Rendimiento real
#140	Ensamble de botones y tapa	114,5	43%	57,10	49,10	8,00	63,0
#150	Ensamble de clips	114,5	51%	61,80	58,70	3,10	58,3
#160	Ensamble de tablillas y cierre de pieza	114,5	114%	136,90	130,70	6,20	26,3
#170	Calibración	114,5	8%	70,10	8,90	61,20	51,4
#180	Prueba funcional y empaque	114,5	33%	37,80	37,80	0,00	95,2

Tabla 1 Analisis de Datos

Se puede observar que la estacion #180 'Prueba funcional y empaque' no muestra tiempo de maquina. En realidad tiene un tiempo de maquina de 5.2 segundos, pero es una accion simultanea, donde el operador efectua otras tareas a la par de la maquina, por lo que no influye en el tiempo total de la operacion. Tambien se puede apreciar que la estacion #160 'Ensamble de tablillas y cierre de pieza' es la que tiene el tiempo de ciclo mayor y es el cuello de botella del proceso. Asimismo es la que tiene el tiempo manual mayor, con 130.7 segundos, lo cual indica que probablemente se pueda disminuir la carga de trabajo en este punto disminuyendo las actividades manuales ahí efectuadas y de esa forma disminuir el tiempo de ciclo, por lo que se decide trabajar en ese aspecto.

4) **MEJORAR.** Se establecieron cuatro posibles alternativas de mejoramiento para reducir el tiempo de ciclo de la estacion 160, indicadas con el mapa conceptual de la Figura 8

- Crear una estacion gemela a la #160
- Re distribuir actividades de trabajo de la estacion #160 en las demas estaciones,
- Crear otra estacion para fabricar subensambles para la estacion #160.
- Combinar propuestas B y C.

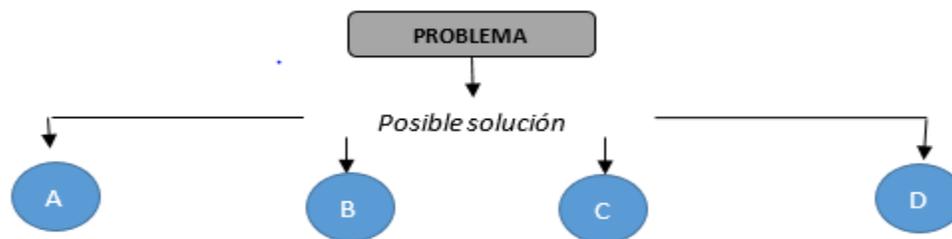


Figura 8 Mapa Conceptual

Propuesta A. Idea sencilla que resultaria en un mayor flujo, pero costosa por el equipamiento y espacio necesarios para duplicar la estacion actual.

Propuesta B. Un traslado de actividades simple a otras estaciones no es factible porque la maquinaria y equipamiento en cada estacion son especiales y dedicados.

Propuesta C No es posible por falta de espacio para otras estacion y requeriria mano de obra adicional.

Propuesta D, Redistribuir actividades de la estacion #160, efectuando cambios en el equipamiento de las estaciones receptoras.

SOLUCION Se decide la propuesta D por ser la mas sencilla y menos costosa, efectuando las siguientes acciones:

- Quitar la actividad de ensamble de teclado plastico a la tablilla superior, con tiempo de 46.1seg, con lo que el tiempo de ciclo de la estacion #160 se reduce a 90.8 segundos, menor al tiempo de ciclo planeado
- La actividad anterior se agrega a la estacion #150, para efectuar como subensamble, incrementando el tiempo de ciclo en esta estacion a 107.9, menor al tiempo de ciclo planeado.
- Adecuar la estacion #150 para efectuar la actividad de ensamble de teclado de plastico a tablilla superior.
- Adicionalmente, se logra una reduccion de un operador, pues la persona a cargo de operacion #170 tambien puede efectuar la #180. Este operador puede efectuar la operacion #180 (de 46.7 segundos) durante el

RESULTADOS

	DÍA	HORA	PIEZAS	TIEMPO MUERTO
				PRODUCIDAS
	16 octubre 2017	08:00 - 09:00	22	Falta de material en Operación 160 / junta en línea.
16 Octubre	120			
17 Octubre	135			
18 Octubre	135			
19 Octubre	133			
20 Octubre	135			
23 Octubre	133			
24 Octubre	136			
25 Octubre	136			
26 Octubre	132			
27 Octubre	135			

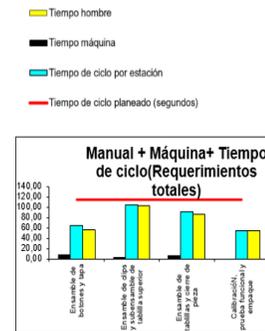
Figura #10 Resultados de Produccion

RESULTADOS



Figura #11 Graficas de Produccion

CICLO/ESTACIÓN



Para verificar si se alcanzó el objetivo propuesto de 31 piezas por hora y sus correspondientes hipótesis, se usaron los 33 datos de las corridas de monitoreo, mostrados en la figura #12. Ahí mismo se muestran los resultados de verificación en Minitab, con una media de $\bar{x} = 33.879$, y desviación estándar de la muestra $S = 0.33$ con lo que se obtiene un factor $Z = \frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n}} = \frac{33.879 - 31}{0.331/\sqrt{33}} = 49.97$, lo que indica claramente que la media obtenida está muy cargada a la derecha y es mayor >31 y con 95% de nivel de confianza cae en zona de aceptación como se muestra en la gráfica de la figura #13 y se acepta la hipótesis inicial $H_0 \mu \geq 31$, por lo que se concluye que el proyecto logró el objetivo planteado inicialmente.

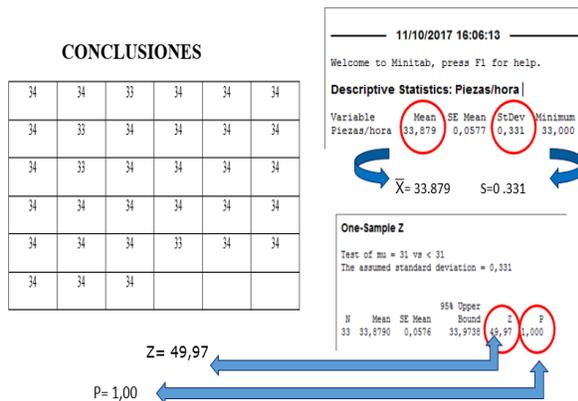


Figura #12 Datos para Prueba de Hipótesis

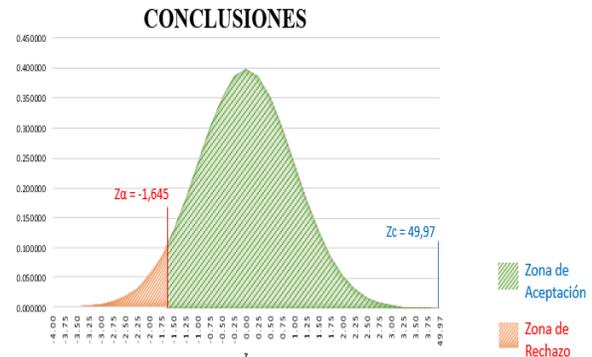


Figura #13 Grafica de Zona de aceptación.

BIBLIOGRAFIA

- Arnold, J. R. T., Chapman, S. N., & Clive, L. M. (2008). *Introduction to Materials Management* (Sixth Edition). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
- García-Alcaraz, J. L., Maldonado-Macias, A. A., & Cortes-Robles, G. C. (2014). *Lean Manufacturing in the Developing World*. Heidelberg: Springer International Publishing.
- Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., & Malhotra, M. H. (2010). *Operations Management Processes and Supply Chains* (Ninth Ed). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Santos, J., Wysk, R. A., & Torres, J. M. (2006). *Improving Production with Lean Thinking*. Hoboken NJ: John Wiley & Sons.
- Shankar, R. (2009). *Process Improvement using six sigma. a DMAIC guide*. Milwaukee, Wisconsin: ASQ Quality Press.
- Weiss, N. A. (2012). *Introductory Statistics* (9th Edition). Boston, MA: Addison-Wesley.