

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Reducción de desperdicio en proceso de fabricación de faro automotriz

Fuentes, M.MC¹, Herrera, R. E.¹, Lerma, F.A.¹ y Saucedo, S.R.¹*

Recibido: 13 de septiembre de 2021
Segunda revisión: 18 de octubre de 2021
Aceptado: 27 de octubre de 2021

RESUMEN

La empresa maquiladora de partes automotrices es una de las industrias importantes en el mercado global. La aplicación de herramientas de ingeniería y estadística son indispensables para mejorar los procesos constantemente. Este proyecto se realiza en una empresa automotriz dedicada a la fabricación de faros. Con la aplicación de la filosofía Seis Sigma en sus fases DMAIC y las herramientas de calidad, se redujo la cantidad de desperdicio durante el proceso de fabricación de lente de faro automotriz, el cual presentó un incremento considerable en los últimos 4 años, afectando los costos y efectividad en el proceso, generando un riesgo de incumplimiento en el tiempo de entrega a los requerimientos del cliente. Se identificó, además, la contaminación del lente como principal desperdicio. El diseño de experimento y el análisis de capacidad mediante la distribución Poisson antes y después de la mejora, proporcionaron evidencias suficientes para sustentar la reducción del desperdicio en un 44.65%.

Palabras clave: desperdicio, faro automotriz, reducción, gráficos, DMAIC.

¹ Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez. México

*Ma. Concepción Fuentes Morales. Cel: 6563397382, maria_fm@itcj.edu.mx. Autor para correspondencia.

ABSTRACT

The automotive parts assembly company is one of the important industries in the global market. The applications of engineering and statistical tools are essential to constantly improve processes. This project is conducted in an automotive company dedicated to the manufacture of headlights. With the application of the six-sigma philosophy in its DMAIC phases and quality tools, the amount of waste during the automotive headlight lens manufacturing process was reduced, which presented a considerable increase in the last 4 years, affecting the costs and effectiveness in the process, generating a risk of non-compliance in the delivery time in the client's requirements. Using the design of experiments and the analysis of capacity in the Poisson distribution, the contamination in the glasses were measured before and after the improvement, providing sufficient evidence to support the reduction of waste by 44.65%.

Keywords: Waste, Automotive Headlight, Reduction, Graphics, DMAIC.

INTRODUCCIÓN

La empresa maquiladora de partes automotrices se ha convertido en una de las industrias más importantes en el sector industrial con impacto social y económico. El sector automotriz es una dinámica de muy alta competitividad, afectando en diversos factores. Por ejemplo, Veloso y Kumar (2002) señalan, que uno de los principales factores competitivos es el patrón que presenta la demanda para los nuevos automóviles. Esto provoca en buena medida, un aumento de las exigencias de los clientes que requieren productos de calidad que se ajusten a las necesidades específicas, que se minimicen los desperdicios y se agilicen las entregas. Una forma de lograrlo, es mediante la filosofía Seis Sigma, que permite a calidad alcanzar el nivel de clase-mundial y a mejora continua, alcanzar el nivel más alto de la satisfacción de cliente. En ella, se establecen los métricos que alinean las metas estratégicas y los valores de una organización, con el de sus necesidades y de las expectativas de cliente; siguiendo un modelo formal y sistemático de mejora continua DMAIC (acrónimo de las 5 fases de la mejora de Seis Sigma, por sus siglas en inglés. Define (definir), measure

(medir), analyze (analizar), improve (mejorar) y por último control (controlar)). (Manual de Johnson Control; , 2015, p.44).

Ruiz y Rojas (2009) mencionan que DMAIC consiste en la aplicación de herramientas estadísticas para ajustar los procesos en la mínima tolerancia posible, como una forma de reducir desperdicios, defectos y las irregularidades, tanto en los productos como en los servicios, enfocado en la satisfacción del cliente.

Este proyecto fue aplicado en la empresa maquiladora Tecnología de Iluminación Automotriz S.A. de C.V. dedicada a la fabricación de faros para autos para distintas compañías ensambladoras. Si la implementación de esta metodología se realiza de manera correcta, se incrementaría la productividad y eficiencia en el proceso de producción, lo que facilita dar una respuesta más rápida a la variación de la demanda y principalmente se reducirían los desperdicios y costos. Lo que consigue más requerimientos, contratos, mayores beneficios económicos y supervivencia de la empresa.

Hoy en día la industria automotriz requiere que sus productos sean de mayor calidad, por tal motivo este proyecto se dirige a reducir el desperdicio en el área de fabricación de los lentes principalmente del modelo Tiguan de la Volkswagen siendo el modelo más afectado en el proceso. Los defectos encontrados en ellos, han causado altos índices de desperdicios provocando la disminución de la producción de las piezas y por consecuencia que la empresa no cumpla en tiempo y forma con la entrega a los clientes. Este proyecto se enfoca en reducir el defecto que se presenta con más incidencia la contaminación del lente. Mediante la metodología DMAIC de Seis Sigma se busca las causas y la solución a este problema para cumplir con la calidad requerida por el cliente con el fin de minimizar los desperdicios

MÉTODO EXPERIMENTAL

Los faros, son tan importantes en el auto como el chasis, el motor, las ruedas y la dirección. La elaboración de los estos consiste desde la fabricación de las partes del faro, el recubrimiento barniz o metalizado para el reflejo, lo que evita se raye, y finalmente su armado, para que el producto quede terminado y pueda ser enviado para ser ensamblado en el auto. Las máquinas con las que debe de contar el proceso y el equipo son: de moldeo de inyección que usan

moldes para cada uno de los modelos, de barniz con fixturas (moldes especiales) para colocar los lentes, y de metalizado con fixturas especiales, robots para transportar los lentes, selladoras y barnizadoras. Todas las partes son llevadas a las líneas de ensamble para el armado del faro. De esta forma se conforma el proceso del faro automotriz. Según Marino R. Báez (2010), por la exigencia de productos barnizados UV los impresores, comenzaron a crear su propia línea de máquina, para ya no mandar a hacer los trabajos y los clientes aumentarían.

La maquiladora de Tecnologías de la Iluminación Automotriz S.A. de C.V. empresa dedicada al ramo de faros para autos, presenta alto índice de desperdicios en el modelo Tiguan por contaminación en el área de fabricación de los lentes del faro. Los desperdicios en los modelos han afectado desde el año 2017. En la gráfica de la figura 1 se muestra los porcentajes de desperdicios de cada modelo que se trabaja.

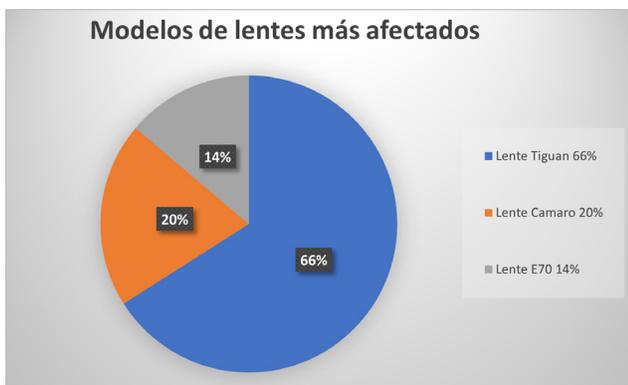


Figura 1. Porcentaje de desperdicios de modelos de lente en faro más afectados (elaboración propia).

Por tal motivo, el proyecto se enfoca en desarrollar el mejoramiento del proceso y la eliminación de desperdicios en el modelo Tiguan. que es el que presenta mayor porcentaje de problemática, con un 66% en defectos cosméticos, se describen a continuación:

- Rayas: Todo tipo de rayón que tenga forma de una línea en el lente provocado por pasar algún material filoso o rosarlo con otro tipo de material en el lente.
- Contaminación: Todo tipo de punto o impureza adherido o marcado en alguna parte del faro que ya no es posible quitar.

- Burbujas: Burbujas de un tamaño pequeño provocado por el barniz.
- Puntos negros: Puntos de virutas o quemaduras en el material de color negro causado por el molde.
- Laca corrida: Laca de barniz escurrida en alguna parte del lente.
- Salpicado: Gotas de laca en las partes del lente provocadas por barniz.
- Estrés: Parte del faro de policarbonato fracturado.
- Quebrados: partes del faro quebradas.

Esto es ocasionado en el lente por el mal ajuste de las máquinas y/o por error humano.

El proceso de la fabricación de los lentes consta de dos partes: la zona de moldeo de lentes como punto inicial y el área de barniz, este último consiste en el recubrimiento duro que se realiza como operación final en la construcción del lente, completado esto, procede a su empaque y envío al cliente. Este proceso involucra trabajo de maquinaria y personal operativo, que deben cumplir con los requisitos y especificaciones del cliente.

Las especificaciones del sistema de medición de defectos son las siguientes:

Tamaño de puntos admisibles (Diámetro o la extensión más grande en casos de no ser circular en mm).

- Zona A: 1 mm
- Zona B: 1.5 mm
- Zona C: 2 mm

Solo dos defectos encontrados en los lentes están permitidos y con una distancia de acuerdo a la zona de este.

- Zona A: 15 mm
- Zona B: 10 mm
- Zona C: 5 mm

Para confirmar si los lentes con defectos son aceptados o rechazados, los coordinadores de calidad cuentan con un sistema de medición con las especificaciones del cliente. (Figura 2).

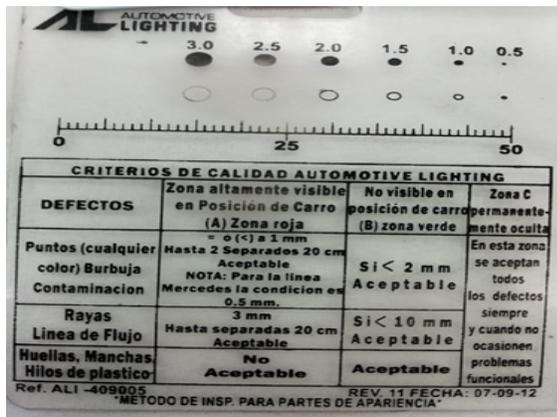


Figura 2. Sistema de medición para los defectos. (Manual de Tecnología de Iluminación Automotriz, 2016, p.10).

Por cada proceso del área de producción de faros ya sea moldeo, barniz o metalizado, se cuenta con un máximo de seis empleados por máquina y en las líneas de ensamble los que sean necesarios para cubrir las áreas de trabajo.

Los lentes se dividen por zonas que indican las partes visibles cuando el faro está instalado en el auto, las zonas se identifican de la A a la C, donde A es lo más visible y C es lo no visible. Por lo tanto, de acuerdo con el departamento de control de calidad, si algún defecto toca las zonas visibles no es aceptado (Figura 3), pero el defecto al tocar una zona no visible será aceptado. Las zonas que determinan el área del lente.

- Zona A (color rojo): Parte visible en el auto
- Zona B (color amarillo): Parte menos visible
- Zona C (color verde): Parte que no se llega a ver en el auto



Figura 3. Identificación de partes del lente para identificar los defectos. (Manual de Tecnología de Iluminación Automotriz, 2016, p.11).

En la Figura 4 se muestra el diagrama de relación entre los pasos de la metodología DMAIC, especificando en qué consiste cada uno de ellos; mismos que se llevaron a cabo para lograr la reducción de los desperdicios ocasionados por la contaminación en los lentes del modelo Tiguan.

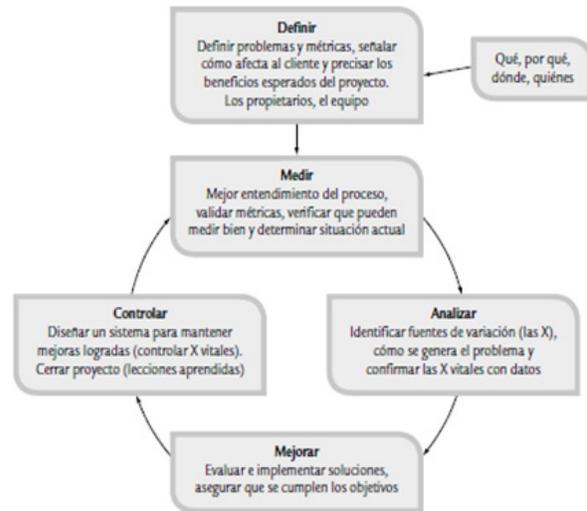


Figura 4. Etapas para realizar un proyecto Seis Sigma. (Gutiérrez Pulido, 2004).

Definir

Barrera *et al.* (2017) mencionan que en la etapa definir es importante conocer el proceso y actividades de las personas que trabajan en la misma con el fin de tener la certeza del proceso a seguir. En correspondencia con el modelo, se identificaron los cuatro defectos en los lentes del modelo Tiguan que ocasionan más desperdicios: la contaminación, rayas, burbuja y laca corrida. El que más afecta es la contaminación, que obtuvo un 47% (Figura 5).

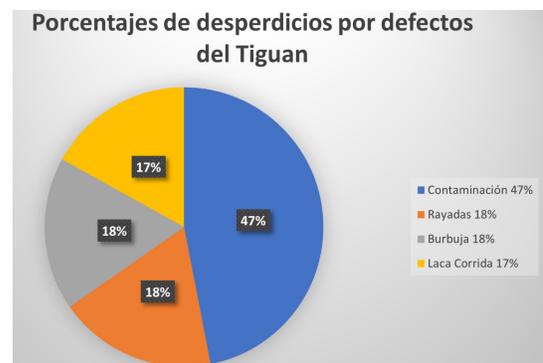


Figura 5. Porcentaje de desperdicios por defectos en el modelo Tiguan (elaboración propia).

Medir

Arias *et al.* (2008) recomiendan que antes de aplicar un estudio de capacidad se debe comprobar que el proceso esté funcionando en óptimas condiciones. Por lo tanto, se requiere hacer una revisión de parámetros y funcionamiento correcto. Se obtuvo un análisis de capacidad para observar cómo se comporta la contaminación en los lentes. Considerando que la contaminación son partículas de polvo de tamaños menores o iguales a 1 mm, se mide por cantidad de contaminantes y de acuerdo con las especificaciones inherentes del cliente, para que el lente sea aceptado debe ser ≤ 1 . Las máquinas de moldeo y la de barniz deben ser evaluadas y validadas por los coordinadores de calidad, encargados de revisar controles como la hoja de verificación para cada una de las mismas, en donde se recopilan los datos reales de los parámetros con los que están funcionando; de manera contraria no se permite trabajar. La inspección del equipo operativo es fundamental para evitar posibles factores que ocasionen los defectos.

- Equipo de limpieza apropiado para los lentes (paños, alcohol)
- Equipo apropiado para quitar material sobrante en los lentes (navaja, rebabador)
- Fuentes de energía encendidas del aire ionizado

Una vez validado el buen funcionamiento de las máquinas y del personal operativo del proceso se procede a hacer el estudio de capacidad usando la distribución Poisson, ya que es posible contar los defectos en cada elemento que proviene de un proceso estable y usar una cifra adecuada de subgrupos ayuda a captar las diferentes fuentes de variación en el tiempo, tal como lo menciona Pérez Urrego (2014).

Se tomaron muestras observando el número de contaminantes en cada uno de los lentes del modelo Tiguan en un día, se formaron 24 subgrupos (muestras) de tamaño 5 cada uno durante los tres turnos (Tabla 1).

Tabla 1. Datos del proceso para estudio de capacidad con Poisson (elaboración propia).

Muestras	Contaminantes					Muestras	Contaminantes				
1	3	2	1	0	2	13	1	2	3	4	2
2	0	5	2	0	1	14	0	3	3	0	0
3	0	4	0	4	2	15	5	1	0	2	0
4	3	2	0	1	0	16	1	2	3	0	0
5	2	0	3	1	2	17	1	0	2	3	1
6	0	2	1	1	0	18	2	2	0	1	3
7	0	0	1	2	1	19	0	2	1	2	2
8	2	0	3	0	1	20	3	2	0	1	0
9	2	0	3	0	1	21	0	3	0	4	0
10	0	1	2	0	1	22	1	0	2	2	0
11	0	2	0	1	0	23	1	1	2	0	2
12	0	2	0	1	2	24	3	0	2	3	1

Analizar

Pérez L. *et al.* (2017) mencionan que en esta etapa se conocen y analizan todos los datos reunidos de la etapa anterior, para ver la diferencia entre el antes y después previsto y dar prioridades a diversas oportunidades potenciales de mejora.

El equipo de trabajo realizó una tormenta de ideas de las causas posibles de la contaminación en el lente Tiguan, y mediante votación identificaron las potenciales plasmándolas en un diagrama de Ishikawa (Figura 6). Estas causas están clasificadas en controlables y no controlables, diseñando un plan de acción para su investigación y corrección.

Diagrama de causa y efecto en modelo Tigan



Figura 6. Causas potenciales de contaminación en modelo Tigan (elaboración propia).

La Tabla 2 presenta la votación de las causas potenciales de contaminación, muestra que el método de limpieza es la causa mayor que ocasiona el desperdicio por contaminación en el lente Tigan. Este es un factor no controlable, ya que la empresa no cuenta con un método establecido de limpieza adecuado, al no estar especificada la cantidad de alcohol en el paño, tampoco si el paño debe estar o no ionizado para evitar que partículas de basura se adhieran a los lentes. Por tal motivo, se establece un procedimiento de limpieza en los lentes Tigan

que evitará la contaminación y por ende reducir el desperdicio. Este procedimiento de limpieza debe ser el resultado de la aplicación de un diseño de experimentos, para que sea adecuado y confiable, que aborde las siguientes actividades:

- Soplar lente con aire ionizado
- Limpieza del lente con paño con alcohol

Es necesario especificar cómo se llevarán a cabo estas actividades y establecer en qué condiciones.

Tabla 2. Determinación de las causas potenciales (elaboración propia).

Identificación de las causas potenciales de contaminación en el lente Tiguan					
Causas potenciales	Factor controlable	Factor no controlable	Votación	Puntuación de votos	Observaciones de la causa
Rebaba por retrabajo en cuarto limpio	X		4,2,2,3,2,5,41	25.1	Pedazos de plástico mayores a .5 cm
Contaminación (polvo en el ambiente)		x	4,5,3,4,4,5,3,5	25.4	Polvo partículas o piel muerta encontrada en el medio ambiente
Mal método de limpieza	X		5,4,5,5,4,3,5,5	31.6	Método de limpieza del lente
Laca contaminada	X		1,2,4,2,3,1,2,2	15.3	Pintura, laca sucia
Lentes con estática	X		3,4,1,1,2,1,2,3	14.4	Estática atrae la contaminación
Mala inspección de lentes en carga de <i>hard coating</i>	X		2,1,2,1,3,1,2	12.3	Mala inspección del operador
Puerta mal cerrada por inspección de maquinaria	X		2,3,2,4,3,3,1,2	18.3	Al abrir la puerta entra partículas que se adhieren al lente fresco
Fugas de ductos de aire fresco	X		1,2,2,1,1,1,2,2	10.3	Ducto en mal estado. No es común
Lentes marcados por molde contaminado	X		3,4,5,5,5,3,4,2	28.3	Marca del molde en el lente

Gutiérrez Pulido (2004) informa, que el diseño de experimentos es la aplicación del método científico, para generar conocimiento acerca de un sistema o proceso. Se implementó un diseño de experimentos con dos factores y tres niveles. El experimento consistió en 90 corridas combinando tres niveles: mojado con alcohol, húmedo con alcohol y sin alcohol, para el factor de paño con alcohol, y para el factor ionizado los tres niveles: ionizado, sin ionizar, ionizado antes y después de la limpieza. Buscando encontrar la manera más óptima de realizar la limpieza en el lente, logrando así, el objetivo de reducir el desperdicio.

Mejorar

Valdez *et al.* (2020) indican que el monitoreo periódico del flujo de actividades para verificar que el proceso se cumpla de acuerdo con una manufactura esbelta que maneja la empresa, es decir, no se generen desperdicios y se cumpla con el tiempo establecido. De acuerdo con las condiciones obtenidas en el diseño de experimentos, se llevó a cabo la capacitación operaria y la evaluación de los resultados en un periodo de una semana.

Controlar

Yepes y Pellicer (2005) mencionan que en esta etapa el objetivo es no perder los logros realizados en las fases anteriores, es decir, mantener la estabilidad del proceso y su capacidad a un nivel de calidad de Seis Sigma. Es importante el seguimiento a la capacitación y certificación obtenida en el operario y sobre todo en el personal de nuevo ingreso, para que el método de limpieza se lleve a cabo como se especificó. Se realizan auditorías constantes para prevenir errores y que el problema no se presente nuevamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estudio de capacidad

Usando el programa Minitab® con un nivel de confianza del 95 %, la gráfica de tasa de defectos indica que los puntos se mantienen en la línea a lo largo de esta, por lo que está siguiendo una distribución Poisson, la gráfica U indica que el proceso es estable excepto por dos puntos afuera por exceso de

contaminantes. La gráfica de defectos acumulados por unidad indica que es relativamente estable. El intervalo de confianza para el DPU indica que se puede estar el 95 % seguro de que la media se

encuentra dentro de los límites (LC) de 0.2254 y 0.3095. La media estimada de DPU es 0.2650, por lo tanto, esto indica que un lente con defectos ocurre cada cuatro lentes producidos. Esto nos dice que es necesario reducir el DPU (Figura 7).

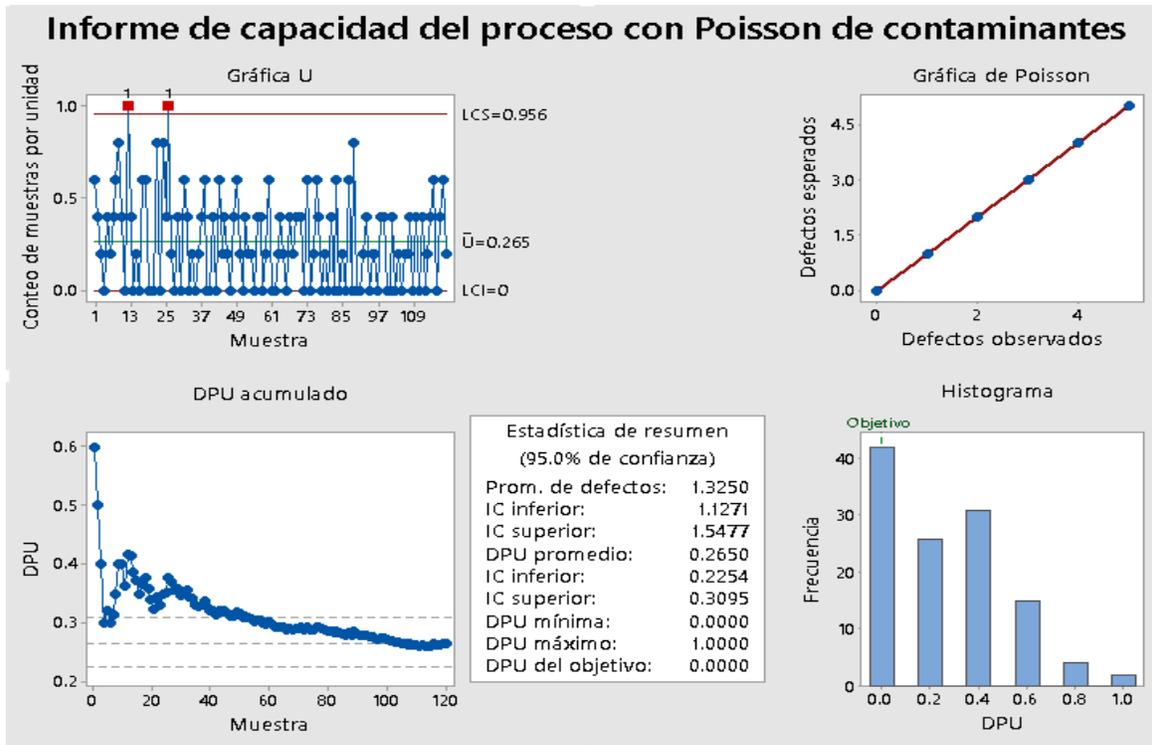


Figura 7. Estudio de capacidad con Poisson de contaminantes (elaboración propia).

Tabla 3. Factores y niveles para diseño factorial

Diseño Factorial de Experimentos	
Factor	Niveles
pañó con alcohol	mojado
	húmedo
	Sin alcohol
ionizado	con ionizado
	sin ionizado
	antes y después (de limpieza)

Fuente: Elaboración propia.

Los datos obtenidos de las réplicas se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultados de réplicas para diseño factorial completo

Paño con alcohol	Ionización			Paño con alcohol	Ionización		
	con ionizado	sin ionizado	antes y después		con ionizado	sin ionizado	antes y después
Mojado	4	3	1	Húmedo	2	2	1
	3	5	0		0	1	0
	3	6	0		1	0	0
	5	3	0		0	0	0
	2	4	1		0	1	0
	5	7	0		1	3	1
	8	5	0		0	2	0
	6	2	0		2	1	1
	3	4	0		0	4	1
	2	3	0		Seco	1	2
0	2	0	3	2		1	
0	0	0	2	0		0	
1	1	1	1	1		0	
0	0	0	0	1		2	
1	0	0	1	2		0	

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del experimento que arrojó el software Minitab® sobre el método de limpieza del lente, se muestran en la Figura 8, donde se pueden observar que los valores de P en los factores estudiados son mayores a 0.05 del valor de significancia, lo cual indica que el método de limpieza no es el adecuado.

Coefficientes					
Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	VIF
Constante	1.589	0.119	13.31	0.000	
Paño con Alcohol					
mojado	1.511	0.169	8.95	0.000	1.33
húmedo	-1.122	0.169	-6.65	0.000	1.33
Ionizado					
con	0.544	0.169	3.22	0.002	1.33
sin	0.644	0.169	2.82	0.000	1.33
Paño con Alcohol*Ionizado					
mojado con	1.056	0.239	4.42	0.000	1.78
mojado sin	0.656	0.239	2.75	0.007	1.78
húmedo con	-0.511	0.239	-2.14	0.035	1.78
húmedo sin	-0.411	0.239	-1.72	0.089	1.78

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust	MC Ajust	Valor F	Valor p
Modelo	8	241.89	30.236	23.57	0.000
Lineal	4	174.58	43.644	34.03	0.000
Paño con Alcohol	2	110.82	55.411	43.20	0.000
Ionizado	2	63.76	31.878	24.85	0.000
Interacciones de 2 términos	4	67.31	16.828	13.12	0.000
Paño con Alcohol*Ionizado	4	67.31	16.828	13.12	0.000
Error	81	103.90	1.283		
Total	89	345.79			

Figura 8. Resultados de la regresión factorial general (elaboración propia).

Para observar de una manera más clara cómo se relacionan una variable con otra, se obtuvieron las gráficas de efectos principales (Figura 9) y la de interacciones (Figura 10), con el fin de encontrar qué combinación entre los factores provoca menos contaminación en los lentes.

Gráfica de efectos principales: muestra que el factor del paño con alcohol húmedo tiene una media de .5 contaminantes y el ionizado con menor media de contaminantes es al aplicar aire antes y después de limpiarlo con alcohol.

Gráfica de interacción: se muestra la interacción entre el paño con alcohol y el ionizado, indicando que el aire ionizado antes y después con el paño con alcohol húmedo, mojado o sin alcohol presentan una media entre 0 y 1 y también presenta una interacción menor a 1 con aire ionizado y con un paño húmedo.

En las gráficas se tomaron en cuenta los resultados que tuvieron una media menor o igual a 1, que son los requisitos de aceptación del departamento de control de calidad y por ende del cliente. Mediante un análisis se presentaron los resultados y se decidió el mejor método de limpieza, determinando ionizar los lentes y continuar con la limpieza de los lentes con un paño con alcohol húmedo (con ionizado; paño húmedo).

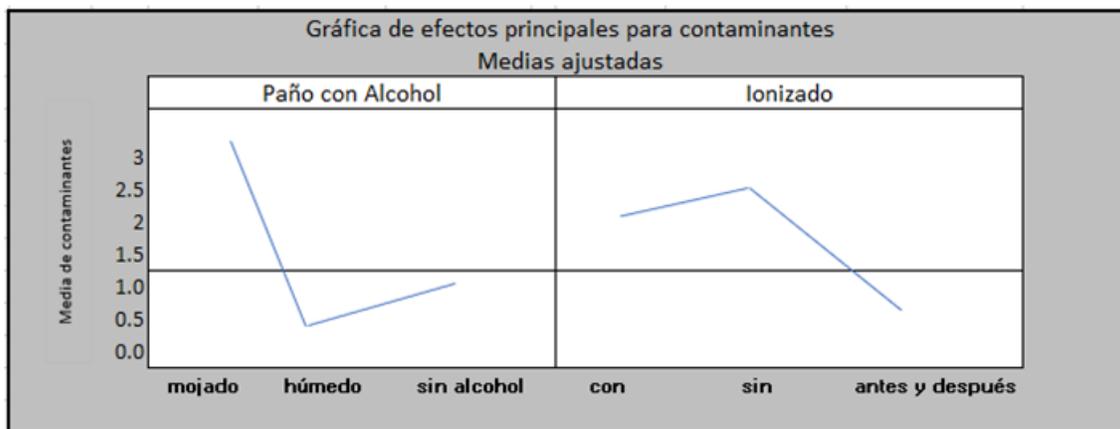


Figura 9. Gráfica de efectos principales (elaboración propia).



Figura 10. Gráfica de interacciones de resultados de contaminantes en lentes (elaboración propia).

ANÁLISIS DE CAPACIDAD CON LA DISTRIBUCIÓN POISSON PARA LA MEJORA

Se tomó como muestra nuevamente el número de contaminantes y se realizó el análisis de capacidad con la distribución Poisson, para poder evaluar la mejora y revisar si los contaminantes disminuyen, tomando 24 muestras de tamaño 4 cada una diariamente (Tabla 5).

Tabla 5. Datos de contaminantes en lentes del Tiguan (elaboración propia).

Corridas del Estudio de Capacidad con la Mejora									
Muestra	Número de contaminantes				Muestra	Número de contaminantes			
1	0	1	0	0	13	0	0	1	0
2	0	0	1	0	14	1	0	0	1
3	0	0	0	0	15	1	0	0	0
4	0	1	0	0	16	0	0	0	0
5	0	0	0	1	17	0	0	1	0
6	1	0	1	0	18	0	0	0	0
7	0	0	0	0	19	0	0	1	0
8	0	0	0	0	20	0	0	0	0
9	1	0	0	0	21	1	0	0	0
10	0	0	0	0	22	1	0	0	0
11	0	0	0	0	23	0	0	0	0
12	0	0	0	0	24	1	0	0	1

Los resultados del segundo estudio de capacidad con la mejora implementada (Figura 11) con un nivel de confianza de 95 %, indica que la tasa de defectos en la línea sigue una distribución Poisson. La gráfica U indica que el proceso es estable. El intervalo de confianza para el DPU (defecto por unidad) indica que puede estar el 95 % seguro de que la media de DPU se encuentra dentro de los límites, además de que se redujeron a 0.0161 y 0.0546. La

gráfica de defectos acumulado por unidad indica que el valor DPU es relativamente estable. La media estimada de DPU es de 0.0313 y se mantiene más cerca de 0, por lo tanto, esto indica que ahora un lente con defectos ocurre cada 32 lentes. Por lo que si hubo una reducción significativa en los contaminantes de los lentes manteniéndose dentro de los requisitos del departamento de control de calidad.

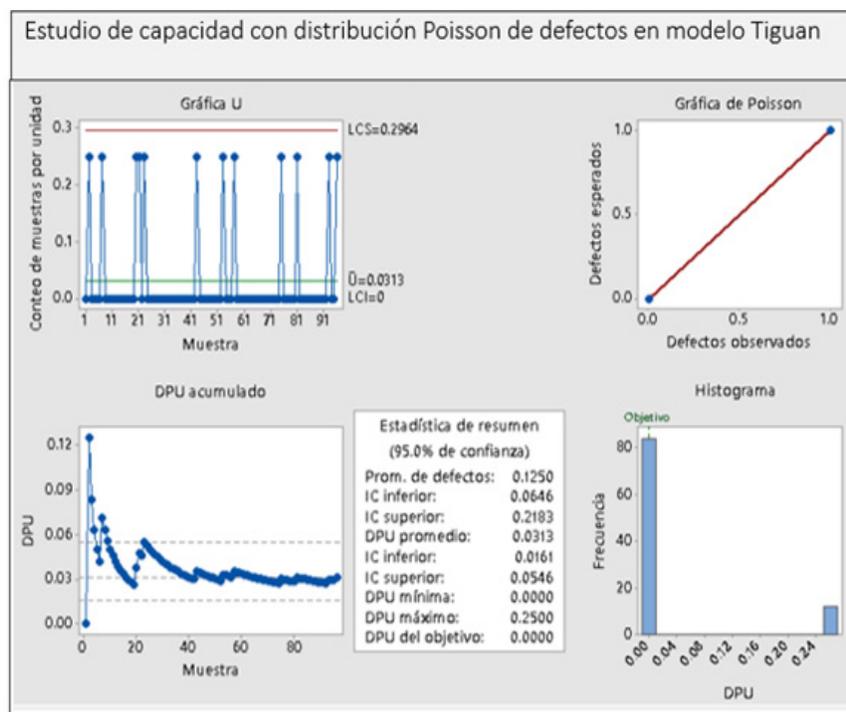


Figura 11. Estudio de capacidad de los contaminantes de los lentes (elaboración propia).

CONCLUSIONES

La implementación de las herramientas de Seis Sigma, (diagrama de Ishikawa, cartas de control, diseño de experimentos, análisis de capacidad), en el proceso del lente Tiguan de la empresa Tecnología de Iluminación Automotriz S.A de C.V, generaron beneficios en el proceso, mejorando la productividad con impacto en la calidad del producto al reducir el desperdicio.

Mediante el diseño de experimentos (DOE) y realizar varias corridas con el paño de alcohol y el aire ionizado, se pudo encontrar el mejor método de limpieza del lente, disminuyendo así la contaminación del producto sin desestabilizar el proceso, esto llevó a mejorar la productividad en un 88.18 % y cumplir así con los requerimientos del cliente en tiempo y forma. La reducción de desperdicios de acuerdo con los resultados del estudio fue del 44.65 %, minimizando la contaminación de los lentes en el modelo Tiguan.

La aplicación del estudio de capacidad con la distribución Poisson, proporcionó evidencias sufi-

cientes para comprobar que la diferencia de los contaminantes antes de la mejora era de un lente contaminado cada cuatro piezas y quedando con 1 lente contaminado cada 32 piezas después de la mejora, lo cual indica que hay una diferencia altamente significativa en la cantidad de producto contaminado.

Observando los resultados y beneficios obtenidos en el proceso del modelo Tiguan, gerencialmente se tomó la decisión de implementar esta metodología en el proceso de construcción de los lentes en todos sus modelos, y a la vez en las empresas de la corporación de Tecnología de Iluminación S.A. de C.V., con el objetivo de robustecer sus procesos para seguir vigentes y competitivos en el mercado global.

Seis Sigma no deben tomarse como una moda pasajera, sino como una herramienta valiosa para logro de la visión y estrategia de la empresa, siempre en la búsqueda de mejora continua en los procesos, pero sobre todo para la competitividad de las empresas en estos tiempos de constantes cambios dentro de la economía mundial.

BIBLIOGRAFÍA

- Arias Montoya, L., Portilla, L., Castaño Benjumea, J. A (junio, 2008). Aplicación de Six Sigma en las Organizaciones. *Scientia Et Technica*, vol. XIV, núm. 38. pp. 265-270. <http://www.Redalyc.org/oa?id=84903846>.
- Báez, Marino R., Presidente, MAR trading corp. Barnizado Ultravioleta FAQ. 2010. <http://www.mar-trading.com/Amjo/BarnizadoUltravioletaFAQ.html>
- Barrera García, A., Cambra Díaz, A., González González, J., (enero, 2017). Implementación de la metodología seis sigma en la gestión de las mediciones. *Revista Universidad y Sociedad*, vol. 9 , núm. 2, versión On-line ISSN 2218-3620), pp. 25-30. http://www.Scielo.sld.cu/scielo.php?scrip=sci_arttext&pid=S2218-36202017000020001
- Cariño G., Rubén (2002). Seis Sigma y la Capacidad del Proceso en Proyectos. *Tendencia Tecnológica*. Distrito Federal. México.
- Gutiérrez Pulido, Humberto (2004). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. McGraw Hill. Distrito Federal, México.
- Kuehl, Roberto (2001). *Diseños de Experimentos*. Matemáticas Thomson. Distrito Federal. México.
- Constanzo, Marcela Alejandra (2014). *Comparación de Modelos de Calidad Factores y Métricas en el ámbito de la ingeniería de software*. Universidad Nacional de la Patagonia Austral. Santa Cruz. Argentina.
- Manual Johnson Control: Mejora Continua. 2015
- Montgomery, Douglas (2004). *Diseño y análisis de experimentos*. Limusa Wiley, Distrito Federal, México.
- Morales Macedo, Jorge Antonio (2007). *Aplicación de la metodología Seis Sigma, en la mejora del desempeño en el consumo de combustible de un vehículo en las condiciones de uso del mismo*. Universidad Iberoamericana. Distrito Federal. México.
- Pérez Urrego, Martha Lucía (2014). *La capacidad de procesos como métricas de calidad para características cualitativas*. Universidad Politécnica de Valencia España. Valencia. España.
- Pérez Domínguez, L., Valenzuela José, Domínguez Vázquez I. (enero, 2017). "Manufactura Esbelta". *Conciencia Tecnológica*, vol.38 No. 53, pp. 23-28. Recuperado en <http://www.redalyc.org/revista>.
- Ruiz Arturo, Rojas Falcó (2009). *Introducción a Seis Sigma*, Universidad Pontificia ICAI ICADE Comillas. Madrid, España.
- Soporte de Minitab 18. Consideraciones Acerca de los Datos para Análisis de Capacidad de Poisson. 2017. <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/capability-analysis/how-to/capability-analysis/poisson-capability-analysis/before-you-start/data-considerations/>.
- Soporte de Minitab 18. Interpretar los Resultados Clave para Análisis de Capacidad Poisson. 2017. <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/capability-analysis/how-to/capability-analysis/poisson-capability-analysis/interpret-the-results/key-results/>.
- Valdez E., Mexicano A., Carmona J., Cervantes S., y Cervantes J. (2020). "Mejoramiento de un flujo de sistema de producción aplicando DMAIC: caso de estudio". Coloquio de investigación Multidisciplinaria (2020). Journal CM, Vol. 8, Núm. 1 en la mejora de resultados de los proyectos de construcción, España: Acribia, 2005.
- Veloso, Francisco y Rajiv Kumar (2002). "The Automotive Supply Chain: Global Trends and Asian Perspectives". ERD Working Paper Series No. 3 Economics and Research Department. Asian Development Bank, January.
- Yepes V. y Pellicer E. (2005). Aplicación de la metodología seis sigma en la mejora de resultados de los proyectos de construcción, España: Acribia.