



**EL LORO HUASTEKO**  
**Órgano de Divulgación Científica y Tecnológica del**  
**Instituto Tecnológico Superior de Pánuco**

**Memorias del Congreso Multidisciplinario Interinstitucional 2021**  
**Pánuco-Reynosa-Tamazunchale**

---

**Metodología Lean Six Sigma como un proceso de mejora continua, en beneficio de la calidad en los productos**

Sergio Daniel Hernández Lam

*Instituto Tecnológico Superior de Pánuco*

Alma Leticia Cruz Méndez

*Instituto Tecnológico Superior de Pánuco*

Edgar Ramón Méndez

*Instituto Tecnológico de Cd. Madero*

Email autor corresponsal:

*daniel.hdez.lam.97@gmail.com*

Área de participación:

*Gestión Empresarial*

**RESUMEN**

Lean Six Sigma utiliza un conjunto de herramientas estadísticas para buscar reducir la variabilidad del proceso. Su objetivo es eliminar todos los aspectos que impidan o dificulten que el producto no cumpla con los requisitos del cliente, y minimizar los defectos en la entrega final. Al poner en práctica esta metodología se utilizó una dinámica de producción en línea de aviones de papel, se buscó reforzar las ventajas competitivas que ofrece, haciendo alusión que el objetivo es hacer crecer las empresas en menor tiempo con bajos costos, considerando la principal variable la calidad. Los participantes fueron alumnos de la carrera de ingeniería en gestión empresarial, por lo que se les capacitó sobre cada fase que compone la metodología, obteniendo grandes retos, se buscó y gestionó ahorros en tiempo, haciendo posible su interés, así como un conocimiento crítico.

**Palabras claves:** Lean Six Sigma, Calidad, DMAIC, Mejora Continua, Productividad.

## ABSTRACT

Lean Six Sigma uses a set of statistical tools to seek to reduce process variability. Its objective is to eliminate all aspects that prevent or hinder that the product does not meet the customer's requirements, and to minimize defects in the final delivery. By putting this methodology into practice with a paper airplane line production dynamic, it was sought to reinforce the competitive advantages it offers, hinting that the objective is to make companies grow in less time with low costs, considering quality as the main variable. . The participants were students of the engineering career in business management, they were trained on each phase that makes up the methodology, having great challenges, looking for and managing savings in time, making their interest possible, as well as critical knowledge.

**Key words:** Lean Six Sigma, Quality, DMAIC, Continuous Improvement, Productivity.

## INTRODUCCIÓN.

Actualmente las empresas buscan mejorar los procesos de producción mediante técnicas que ayuden a aumentar la calidad. Por esta razón, muchas organizaciones empresariales se preocupan por mejorar sus estándares, dando lugar a una serie de normas o certificados como las otorgadas por la Organización Internacional de Estandarización (ISO, por sus siglas en inglés), cuyo objetivo es asegurar que los procesos implementados sean seguros, productivos, eficientes, así como generar servicios y productos de la más alta calidad. Pero para que estos procesos sean aplicados correctamente, se necesita de metodologías que ayuden a encontrar los defectos o errores posibles en el momento de producir y aplicar un proceso de mejora continua. Esto se logra con el uso de la metodología Lean Six Sigma junto con DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar) que es el complemento para entender el proceso.

Lean Six Sigma, es un sistema que está enfocado al cliente y cambia el modo de operar por parte de la dirección. Adoptada por empresas como: Dupont, FedEx, Sony, Polaroid, Dow Chemical, NASA, Lockheed, Toshiba, J&J, Ford, ABB, Black & Decker, entre otras. Tienen sus orígenes en el año 1987 por Bill Smith ingeniero de Motorola como una estrategia de negocios y mejora de la calidad (Herrera, 2011).

(Gutiérrez, 2004) afirman que "Six Sigma es una estrategia de mejora continua de la organización para encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos de la organización empresarial". Su Objetivo es medir la eficiencia operativa de la

empresa, donde se buscan soluciones y alternativas para mejorar, actúa como una filosofía de actuación para ocupar niveles de liderazgo. Se compone de cinco fases que son: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (Escalante, 2008).

El objetivo general del proyecto es analizar la metodología Lean Six Sigma como un proceso de mejora continua, en beneficio de la calidad de los productos, mediante la interpretación de una dinámica del proceso aplicado con el apoyo de alumnos de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial de séptimo semestre del Instituto Tecnológico Superior de Pánuco. De los cuales se desprenden cuatro objetivos específicos esperados: 1. Identificar los conocimientos de la metodología Six Sigma. 2. Interpretar, aplicar y emplear la metodología DMAIC de Lean Six Sigma. 3. Mostrar la eficiencia de paquetes estadísticos para reducir el tiempo de aplicación de proyectos. 4. Medir y mejorar la calidad en una dinámica de comprensión de la metodología.

## **METODOLOGÍA.**

Para poder interpretar el funcionamiento de la calidad en los productos como un proceso de mejora aplicando la metodología Lean Six Sigma se hará una práctica, que lleva por nombre “Aviones de papel en el manejo de mejorar la calidad” (Valles, Practica LeanSigma, 2018). Los datos se ingresarán a MINITAB, el cual es un programa estadístico, versátil y fácil de usar. Proporciona una amplia gama de aplicaciones estadísticas, capacidades de dibujo y proporciona las siguientes funciones: Capacidades estadísticas integrales y completas, que incluyen análisis de datos exploratorios, cálculos básicos, y regresión, ANOVA, tamaño de muestra, análisis multivariado, distribución no paramétrica, series de tiempo, tabulación cruzada y simulación (Minitab, 2021).

Para elaborar los aviones de papel con las mismas características, se debe de utilizar una hoja blanca reciclada tamaño carta (216 x 279 mm), cuyas medidas varían  $\pm 2$  mm, en total serían 40 aviones por cada línea de montaje (Valles, Practica LeanSigma, 2018). Las tres líneas de producción son necesarias para lograr variaciones en el registro de datos y así poder implementar correctamente la metodología con los datos estadísticos, además de recibir una capacitación en general de todo el proceso de producción.

**Definir.** Es considerado el pilar de todo el proceso de Lean Six Sigma, debido a que se forman las bases necesarias para encontrar los posibles errores que se encuentran en los procesos

(ESAN, 2016). Con referencia a la dinámica, se piden una especificación que el ancho de las alas no sobrepase los 62 mm y no sea menor de 58 mm, teniendo una medida nominal de 60 mm. Al reunir los datos correspondientes de las tres líneas de producción, toda la información se concentró en Minitab para poder realizar el informe de capacidad del proceso que se define como “el conjunto de técnicas estadísticas utilizadas para cuantificar la variabilidad del proceso, analizar esta variabilidad en relación con los requisitos o especificaciones del producto y para poder ayudar en el desarrollo y la manufactura eliminando o reduciendo en gran medida esta variabilidad” (Montgomery, 1991).

La herramienta por ocupar para descifrar las posibles fallas es el diagrama de causa-efecto, mejor conocida como Ishikawa. Es una herramienta de calidad que ayudan a encontrar la causa raíz del problema y analizan todos los factores involucrados en la ejecución del proceso. Se compone con las 6 m que son las siguientes: maquina, método, mano de obra, medio ambiente, materia prima y medición (Ishikawa, 2013). Al reunir a los operadores y supervisores se dio a conocer cuáles serían las posibles fallas que originaron estos resultados dando paso al “Diagrama de Pareto que es un gráfico en el que la información de los datos analizados se muestra mediante un diagrama de barras de forma descendente y en función de su prioridad” (Rus, 2021).

**Medir.** La segunda fase de la metodología Six Sigma, es muy importante ya que permite una evaluación objetiva del impacto real del proyecto. Es necesario desarrollar un sistema de medición que le permita monitorear el desempeño del proceso hasta lograr el objetivo deseado (ESAN, 2016).

Después de buscar las posibles causas del proceso de elaboración de aviones de papel, se analizará con la herramienta R&R (repetibilidad y reproducibilidad), busca definir si el error de medición es pequeño y aceptable a la variación del proceso, también determina con certeza si los datos generan confianza. Por lo cual es una manera más precisa de saber que datos son erróneos. Un R&R indica si los supervisores tienen equilibrados las medidas de la misma parte (repetibilidad) y si la variación entre los supervisores es consistente (reproducibilidad). (Minitab 19, 2019).

La repetibilidad se define como la variación que se observa cuando el mismo supervisor mide el producto muchas veces, utiliza el mismo sistema de medición. La reproducibilidad es la

variación que se mira y analiza en diferentes supervisores midiendo el mismo producto varias veces, usando el mismo sistema de medición (Minitab 19, 2019).

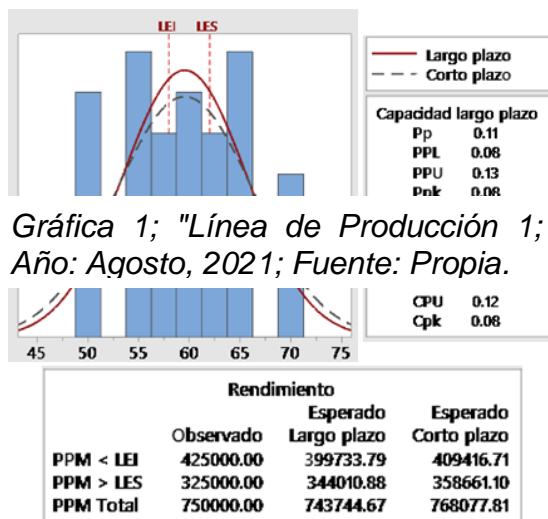
**Analizar.** Se analizarán e interpretarán los resultados de la medición, contrastando la situación actual con el historial del proceso. Es aquí donde podemos averiguar las causas del problema. Se necesita observar el problema para ver qué método se puede aplicar para ayudar a resolver los problemas. Se Identifican fuentes de variación y causas raíz. Se centra en los procesos y los factores de influencia. El objetivo es poder cambiar las causas. La correlación se utilizará para analizar hasta qué punto las variables se pueden relacionar (Minitab, 2020). Se determinará el grado de dependencia de los valores por medio de la regresión (EHU, 2018).

**Mejora.** Después de analizar la etapa anterior, se identificó los posibles cambios que ayudarán a hacer las cosas mejor. Se trata de elegir medidas que tengan un impacto más decisivo en el proceso. Aquí, se debe decidir implementar cambios que puedan traer riesgos. Por lo tanto, es necesario evaluar estos riesgos con anticipación. Para hacer esto, se ejecutó pruebas y experimentos a pequeña escala antes de procesar la implementación final. Los instrumentales utilizados fueron un Poka Yoka, cuya función es evitar errores o garantizar la seguridad. Esta es una práctica ajustada que evitará que ocurran errores al convertir cualquier actividad u operación en un evento a prueba de fallas, lo que indica que existe una estandarización de procesos bien definida. Como técnica de control de calidad, su propósito es producir cero defectos en las actividades y evitar la retirada o reparación del producto. Contrariamente a la creencia popular, los errores de fabricación no son inevitables, no solo debemos confiar en el control de calidad posterior, sino que debemos evitar que sucedan en primer lugar (Lean Manufacturing, 2019).

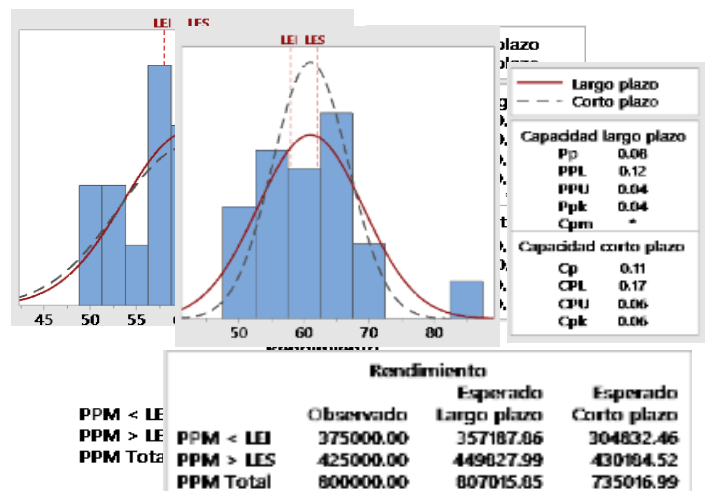
**Control.** Se encarga de establecer las inspecciones para que la mejora del proceso perdure en el tiempo, es la clave para el sostenimiento del trabajo elaborado en todas las fases anteriores.

## RESULTADOS.

Los resultados obtenidos en la primera fase Definir, estuvieron por debajo de las medidas normales, dando resultados de la línea de producción 1 de un CPK 0.06 con un total de PPM de 750000.00, de la línea de producción 2 un CPK 0.08 con un PPM DE 750000.00 y la línea de producción 3 de un CPK de 0.06 con un PPM total de 800000.00 esto demuestra que existe una gran variabilidad en los datos. Esto significa que se encuentran ciertos defectos que están por fuera de la zona de tolerancia los cuales se pueden visualizar en la [gráfica 1](#), [gráfica 2](#), [gráfica 3](#), el objetivo para las tres líneas de producción es aumentar el CPK mayor a 2 y reducir los PPM a un valor de cero.



Gráfica 3 "Línea de Producción 2" Año: Agosto, 2021; Fuente: Propia.

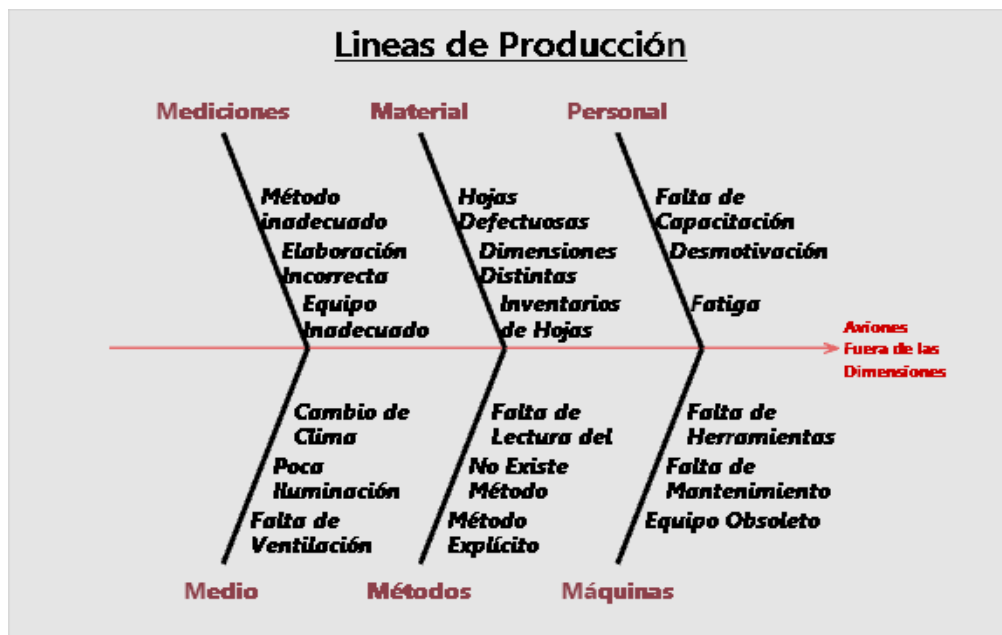


Gráfica 2 " línea de Producción 3"; Año: Agosto,2021; Fuente: Propia.

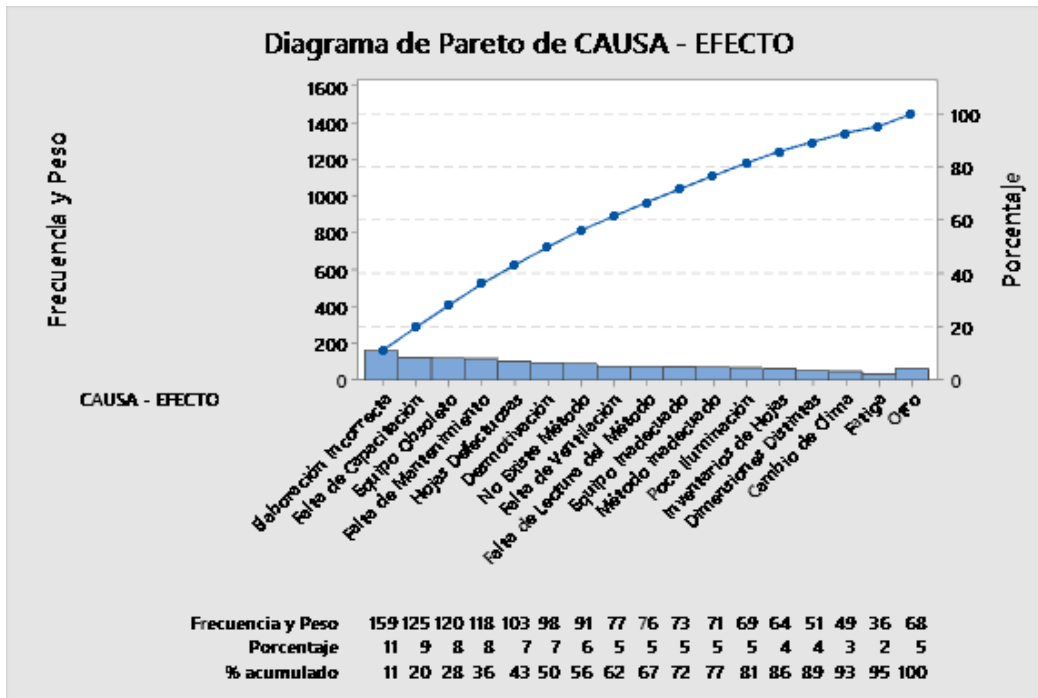
Los resultados obtenidos en esta práctica con las tres líneas de producción fueron significativos, ya que, en la primera fase, se demostró qué tan lejos estaba de la meta nuestro proceso pues el CPK obtenido y las PPM distaban mucho de lo establecido por el cliente, la principal acción fue determinar cuál era la causa principal del problema.

Después se realizó el diagrama de Ishikawa ([gráfica 4](#)), con todas las líneas de producción, al tener las posibles causas, el Diagrama de Pareto fue clave para este propósito ([gráfica 5](#)). También en esta fase se mostró el impacto que tiene en la calidad la forma y las herramientas que se utilizan para medir, los resultados más significativos: Elaboración incorrecta, con 159, falta de capacitación, con 125, equipo obsoleto, con 120, falta de mantenimiento, 118, hojas defectuosas, con 103. Estos porcentajes se obtuvieron por la matriz de causa efecto dando

una calificación del 1 al 10, se cuestionó al cliente, que en este caso es la docente de la materia, MGC. Alma Leticia Cruz Méndez cuáles son las especificaciones que piden para su producto. Expuso tres filtros importantes, que estén las medidas exactas, que se tengan un buen doblez y que los operadores estén bien capacitados, dando un valor de 10, 8 y 6. Para poder tener los puntos totales y así verificar con el diagrama de Pareto, se realizó el siguiente procedimiento para encontrar los errores. Se dieron calificaciones a cada posible causa (las causas son todos los datos obtenidos con el diagrama de Ishikawa), estas se multiplicaron con el valor que dio el cliente para después sumarlas y dar el total de cada efecto que realizará para el proceso de armado de aviones de papel.



Gráfica 4 "Diagrama de Ishikawa"; Año: Agosto, 2021; Fuente: Propia



Gráfica 5 "Diagrama de Pareto"; Año; Agosto, 2021; Fuente: Propia

En la fase de Medir, se les pidió a tres operadores de las tres líneas de producción realizar este estudio que constó de la siguiente manera, se tomaron 10 aviones al azar por las líneas de producción existentes, de los cuales a cada operador se le daría tres oportunidades, para verificar que las medidas del ancho de las alas de los aviones sea correcta por los tres operadores, teniendo como herramienta de medida una regla de 30 cm, los resultados obtenidos muestran que no existe un patrón correcto en las medidas que corresponden, dando entender que no existe una herramienta que ayude a tener correcto las medidas deseadas. El primer paso para no tener errores de medición fue elaborar una base para que los aviones no tengan movimiento en el momento de medir las alas, haciendo más fácil tomar las medidas, también se cambió el modo de trabajo, ya que antes no se contaba con mucha iluminación y por último se cambió la herramienta de medición, ya que antes era una regla de 30 cm, con números borrosos por una de excelente calidad.

Al realizar de nuevo las medidas con las especificaciones mencionadas anteriormente se observó un gran cambio, haciendo posible tener medidas correctas, claramente con una nueva capacitación ya que los operadores muestran un incorrecto doblez de armado de aviones, haciendo que no se tengan las medidas correctas.

Para la fase de Analizar, se toma una muestra de 16 aviones por cada línea de producción, esta muestra fue de la siguiente manera, se toma medidas variadas para buscar cual es la medida ideal para el tamaño de la hoja, constando mediante una fórmula que muestra el programa estadístico, al considerar la correlación se puede decir que en las tres líneas existe una tendencia positiva, dando entender que para la línea de producción 1 la tendencia es de  $R=0.983$ , la línea de producción 2  $R=0.985$ , la línea de producción 3  $R= 0.988$ .

*Tabla 1. Ecuación de las líneas de producción.*

Producción 1	Producción 2	Producción 3
Ancho de alas (y) = - 2.809 + 0.5904 ancho de la hoja (x)	Ancho de las alas (y) = 3.713 + 0.5206 ancho de la hoja (x)	Ancho del ala (y) = - 10.22 + 0.6610 Ancho de la hoja (x)
$60 + 2.809 / 0.5904 = 106.38$	$60 - 3.713 / 0.5206 = 108.11$	$60 + 10.22 / 0.6610 = 106.23$
106 mm	108 mm	106 mm

De acuerdo con la regresión, se pudo obtener las medidas exactas para el tamaño de las hojas, con esto se ahorra materia prima, tiempo y errores, para la calidad de los aviones de papel. El procedimiento para calcular el tamaño ideal de las hojas por cada línea de producción fue de la siguiente manera, despejar la X (ancho de la hoja) para tener el resultado, ya que el ancho de las alas (Y) tiene un valor a 60, se realizó el despeje de los datos, quedando que la línea de producción 1, su tamaño de hoja sería aproximado de 106.38; para la línea de producción 2, 108.11; y para la línea de producción 3 de 106.23.

Para resolver la problemática del ancho de las alas de los aviones en la fase de Mejora, se ejecutaron una serie de herramientas necesarias para que tengan las medidas correctas. Los instrumentales que ayudaron a mejorar este proceso son: un Poka-Yoke, un diagrama de proceso para la elaboración de aviones, una hoja de actividades para los operadores el cambio de la herramienta de medida de una regla de 30 cm por un vernier. Además, se realizó un reacomodo del área de producción, teniendo en cuenta los errores de doblado, las hojas mal cortadas, falta de iluminación y materiales, con el objetivo de mejorar la productividad de los operadores, destacando la calidad de los productos.

Al realizar todos los cambios en las tres líneas de producción fue más eficiente, debido a que

las herramientas obsoletas fueron cambiadas, se tenía un Poka-Yoke por lo cual fue más fácil realizar el tamaño las hojas y el dobléz, además del reacomodo del área de producción y la capacitación detallada para cada operador y supervisor. Al realizar la primera inspección del ancho de las alas de los aviones de papel, se obtuvo de las tres líneas de producción cambios significativos al aumentar el CPK a 2 y los PPM totales a cero, haciendo posible las exigencias del cliente.

En la fase de mejorar se demostró cómo atacando la principal causa el proceso se mantiene en control, así como la implementación de Poka-Yokes para cuidar la calidad desde el origen. Por último, en la fase de Controlar se implementó el método adecuado, la instrucción de trabajo correspondientes y las gráficas de control para mantener estable el proceso.

## **DISCUSIÓN.**

Al realizar la dinámica de Lean Six Sigma se comprobó la eficacia de la metodología ahorrando tiempo y costos, debido a que al aplicar las fases se buscaron las posibles fallas que se generaron con los aviones de papel.

Como afirma (Valles, Noriega, Sanchez, Martínez, & Salinas, 2009) Six Sigma es una estrategia de mejora continua diseñada para eliminar errores o defectos de acuerdo con los requisitos establecidos por el cliente. Se aplica a los procesos de producción y prestación de servicios, incluida la reducción de la variabilidad medida en términos estadísticos, aumentar la productividad y garantizar el producto de más calidad (Ansar, et al. 2018). Al ser aplicado en la dinámica, se han encontrado una gran variedad de análisis de este tipo, haciendo posible la facilidad de comprender la metodología, con ellos se obtienen grandes resultados que hacen posible que Lean Six Sigma sea popular para las empresas, buscando la calidad de sus productos. Si bien, existen similares investigaciones, se puede determinar que esta investigación tiene grandes beneficios, ya que se explica de una manera factible para los alumnos del instituto Tecnológico Superior de Pánuco.

## **CONCLUSIÓN.**

La metodología Lean Six Sigma es una de las principales filosofías que pueden ayudar a mejorar los procesos en la calidad de los productos, por sus diferentes ventajas competitivas que ofrece en el manejo de encontrar las variables que hacen que el proceso no sea efectivo. Además, depende no solo de comprender los métodos estadísticos, si no también tener el

compromiso y la voluntad de mejorar los procesos que tienen las empresas. Por lo cual es muy importante contar con una metodología con estas características, porque si bien los esfuerzos que se realizan para detectar errores y aumentar la productividad en la calidad dentro de una organización son reales, estas se desarrollan por la alta gerencia y la implementación de herramientas, así como procedimientos. Al aplicarlos en esta dinámica se pudo constatar que existe una gran variabilidad de datos ya que el objetivo de la metodología es suprimir los errores como el talento no empleado, la sobreproducción, los defectos y las esperas, teniendo como resultados la calidad, personal eficiente, cero errores, así como la eficiencia en la producción, teniendo claro que esta dinámica sirvió de interés para aumentar la confianza y aplicación de Lean Six Sigma.

## LITERATURA CITADA.

- Ansar, A. R., Shaju, S. U., Sarkar, S. K., Hasan, S. K., & Islam, U. (2018). . Application of six sigma using define measure analyze improve control (DMAIC) methodology in garment sector. *Independent Journal of Management & Production*, 9 (3), 810-826.
- EHU. (2018). *Regresión Lineal*. Recuperado el 10 de Agosto de 2021, de <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cursoJava/numerico/regresion/regresion.htm>
- ESAN. (30 de Junio de 2016). *La metodología Six Sigma*. Recuperado el 12 de Julio de 2021, de <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2016/06/la-metodologia-six-sigma/>
- Escalante, E. (2008). *Seis Sigma Metodología y Técnicas*. . México: Limusa, S.A. de C.V.
- Fallas, J. (2012). *Prueba de Hipótesis*. Recuperado el 26 de Junio de 2021, de <http://www.ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP>, 5.
- Gutiérrez, H. (2004). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. México, D.F: Mc Graw Hill Interamericana Editores S.A de C.V.
- Herrera, A. (2011). "*Seis sigma. Métodos estadísticos y sus aplicaciones*". Recuperado el 21 de Julio de 2021, de [www.eumed.net/libros/2011b/939/](http://www.eumed.net/libros/2011b/939/)

- Ishikawa. (2013). *Diagrama de Ishikawa*. Recuperado el 18 de Junio de 2021, de [http://www.academia.edu/download/45800691/Diagrama\\_de\\_Ishikawa.pdf](http://www.academia.edu/download/45800691/Diagrama_de_Ishikawa.pdf).
- Lean Manufacturing. (2019). *¿Qué es Poka Yoke?* Recuperado el 22 de Julio de 2021, de <https://leanmanufacturing10.com/poka-yoke>
- Minitab 19. (2019). *Soporte Minitab 19*. Recuperado el 14 de Julio de 2021, de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/measurement-system-analysis/supporting-topics/gage-r-r-analys>
- Minitab. (2020). *Soporte Minitab Correlacion*. Recuperado el 15 de Julio de 2021, de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/20/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/how-to/correlation/before-you-start/example/>
- Minitab. (2021). *MINITAB PROGRAMA ESTADISTICO*. Recuperado el 28 de Agosto de 2021, de <https://www.minitab.com/es-mx/>
- Montgomery, D. (1991). *Control Estadístico de la Calidad*. México: Iberoamericana.
- Rincón, L. (2007). *PROBABILIDAD Y ESTADISTICA*. Ciudad de México: Departamento de Matematicas, UNAM.
- Rojas, A. (2009). *Herramientas de calidad*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas.
- Rus, E. (2021). *Diagrama de Pareto*. Recuperado el 03 de Julio de 2021, de <https://economipedia.com/definiciones/diagrama-de-pareto.html>
- Valles, A. (2018). *Practica LeanSigma*. Cd. Juárez, Chihuahua: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CD. JUÁREZ.
- Valles, A., & Sanchez, J. (2011). Successful Projects from the Application. En *SIX SIGMA PROJECTS AND PERSONAL EXPERIENCES* (págs. 91-115). Rijeka, Croatica: InTech.
- Valles, A., & Sanchez, J. (2011). En *SIX SIGMA PROJECTS AND PERSONAL EXPERIENCES*. Rijeka, Croatica: InTech.

Valles, A., Noriega, S., Sanchez, J., Martínez, E., & Salinas, J. (2009). Six Sigma Improvement Project for Automotive Speakers in an Assembly Process. *International Journal of Industrial Engineering*, 16 (3), 182-190.