



ISSN-e: 2711-3892

Revisión de resultados producto del uso de la metodología six sigma: caso empresas metalmecánicas

Review of results from the use of the six sigma methodology: case of metal-mechanical companies

Mijael Galindez¹, Sandra Castro²

¹Universidad de Pamplona, ^{1,2}Facultad de ingenierías y Arquitectura, ^{1,2}Programa de Ingeniería Industrial, Grupo de Investigación INGPRO-GES., Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

²Universidad de Pamplona, ^{1,2}Facultad de ingenierías y Arquitectura, ^{1,2}Programa de Ingeniería Industrial, Grupo de Investigación INGPRO-GES., Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

¹mijael.galindez@unipamplona.edu.co, ²sandra.castro@unipamplona.edu.co

Correspondencia: Sandra Castro
Correo electrónico:
sandra.castro@unipamplona.edu.co

Recibido: 01/006/2023
Aceptado: 27/12/2023

Citar así: Galindez, M., & Castro, S. (2023). Revisión de resultados producto del uso de la metodología six sigma: caso empresas metalmecánicas. *Revista Semilleros De Investigación*, 6(1), 1–13.
<https://doi.org/10.24054/sei.v6i1.3709>

Copyright: © 2024. Universidad de Pamplona, Colombia. La *Revista Semilleros de Investigación* proporciona acceso abierto a todo su contenido bajo los términos de la licencia Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0).

Resumen

La metodología Six Sigma usada con pericia, puede llegar a ser una herramienta muy útil de mejora continua, enfocada en la eliminación de errores y la reducción de la inestabilidad en los procesos. Six Sigma ha sido adoptada por una amplia gama de industrias, incluyendo la metalmecánica, sector en el que su uso a nivel de factores como calidad, eficiencia y rentabilidad ha arrojado mejoras significativas. Además, ha demostrado ser efectiva en organizaciones de diversa índole, sin embargo, el enfoque de este artículo es el de las industrias del sector metalmecánico, además se basa en la mejora continua de los procesos empresariales y la eliminación de defectos, lo que resulta en una mayor eficiencia y calidad del producto y/o servicio. La finalidad de este artículo es revisar y examinar cualitativamente la literatura científica disponible en diferentes bases de datos y páginas web oficiales, utilizando como palabras de búsqueda: Six Sigma, industria metalmecánica, aplicación metodología Six Sigma. Obteniendo información crucial relacionada con el objetivo propuesto sobre el uso de la

metodología Six Sigma en empresas del sector metalmeccánico, identificando las principales herramientas y técnicas utilizadas, así como los resultados y los desafíos enfrentados durante su implementación. El objeto del presente artículo es mostrar con la revisión literaria que la metodología puede ayudar a la solución de problemas en diferentes áreas dentro de las empresas metalmeccánicas, ya que se evidencian resultados positivos en sus aplicaciones. Dentro del artículo se aborda la revisión de resultados que parte del uso de esta metodología en el sector metalmeccánico enfocado en el ruido industrial, la reducción de defectos, la productividad y/o la calidad. Con los resultados se mencionan algunas herramientas de la calidad que ayudaron a la solución de errores o problemas con el enfoque metodológico empleado. Para la selección de información que se empleó, se estudiaron las variables que intervenían en cada texto y se optó por clasificar por el tipo de falla que se quería solucionar, además de que se agruparon las herramientas que pudieron utilizar cada uno de los autores para con esto, sintetizar información y poder generalizar desde los tipos de errores a trabajar dentro de la empresa.

Palabras clave: Six Sigma, Industria Metalmeccánica, DMAIC, Aplicación metodología Six Sigma, Lean Six Sigma.

Abstract

Six Sigma methodology, when used with expertise, can be a very useful continuous improvement tool, focused on eliminating errors and reducing process instability. Six Sigma has been adopted by a wide range of industries, including metalworking, where its use in quality, efficiency and profitability has yielded significant improvements. In addition, it has proven to be effective in organizations of diverse nature, however, the focus of this article is on the metalworking industries, in addition it is based on the continuous improvement of business processes and the elimination of defects, resulting in greater efficiency and quality of the product and / or service. The purpose of this article is to review and qualitatively examine the scientific literature available in different databases and official web pages, using as search words: Six Sigma, metalworking industry, Six Sigma methodology application. Obtaining crucial information related to the proposed objective on the use of Six Sigma methodology in companies of the metal-mechanic sector, identifying the main tools and techniques used, as well as the results and challenges faced during its implementation. The purpose of this article is to show with the literature review that the methodology can help to solve problems in different areas within the metal-mechanical companies, since positive results are evidenced in its applications. Within the article, the review of results from the use of this methodology in the metal-mechanic sector focused on industrial noise, defect reduction, productivity and/or

quality is addressed. With the results, some quality tools that helped to solve errors or problems with the methodological approach used are mentioned. For the selection of information that was used, the variables that intervened in each text were studied and it was decided to classify by the type of failure to be solved, in addition to grouping the tools that could be used by each of the authors to synthesize information and be able to generalize from the types of errors to work within the company.

Keywords: Six Sigma, Metalworking Industry, DMAIC, Six Sigma methodology application, Lean Six Sigma.

1. INTRODUCCIÓN

Para la Asociación de Industriales Metalúrgicos de la República Argentina (s,f) la industria metalmecánica comprende un conjunto heterogéneo de actividades manufactureras que, en mayor o menor medida, utilizan entre sus insumos principales productos de la siderurgia y metales no ferrosos a lo largo de toda la cadena productiva, al mismo tiempo que engloba la producción de un amplio abanico de bienes que resultan claves para el desarrollo del resto de las actividades económicas. En este sentido, se trata de una actividad que forma parte de diversas cadenas de valor y sectores productivos, proveyendo insumos y bienes finales destinados a la producción, el consumo y la inversión (p. 9). El sector metalmecánico engloba una gran diversidad de actividades productivas, que van desde la extracción de materias primas hasta la comercialización de los productos, llevándolos a los clientes finales. Debido a la gran interacción que tienen los trabajadores de este sector con herramientas cortantes, máquinas que trabajan a rápidas revoluciones y energizadas con altos voltajes, se convierte en un sector que presenta variados riesgos y es altamente propenso a accidentes de trabajo, lo que obliga a las organizaciones a mostrar su preocupación y, a la vez, diseñar las estrategias requeridas tendientes a la minimización de estos riesgos en los puestos de trabajo (Valencia – Montoya – Gutiérrez, 2019). Actualmente el sector metalmecánico se caracteriza por tener gran diversidad en lo que a actividades productivas refiere, estas abarcan desde la extracción hasta su disposición final, es decir; los clientes (Morelos Gómez & Fontalvo Herrera, 2013).

Se data la aparición del Six Sigma, en los años ochenta, por Motorola Company dado que dio origen a diferentes bifurcaciones del concepto, por supuesto enfocadas en la mejora, sin embargo, se caracterizaba por tener aplicabilidad en grandes industrias (Enciso Acuña, 2020) en las cuales se evidenció la aplicación de esta metodología teniendo mayor incidencia de ejecución en medianas y pequeñas empresas (Silvia, García, & Villarreal, 2014). Más tarde, aproximadamente en los años 2000, se dio una mejor interpretación al vocablo “Lean Six Sigma”, en ella se detalla la unificación de diferentes doctrinas de mejora en pro de la satisfacción del cliente y la búsqueda de la disminución de los costos de producción (Sachin & Angappa, 2019). Sin embargo, no es la única aplicación que se conoce de esta metodología dado que también permite la mejora de los procesos con el fin de obtener resultados equilibrados y pronosticados, minimizando la alteración y las imperfecciones (Barberato & Filho, 2020). Hoy en día se considera la aplicación del Six Sigma, como una ventaja competitiva que logra posicionar las diferentes industrias en el mercado, dado que permite la implantación de diversos programas, de tal forma que se convierte en un excelente aliado para el aumento de la calidad de la organización (Gómez Montoya, Medina Varela, & Correa Espinal, 2022). No obstante, la consecución del éxito del uso de esta metodología radica en conocer y estudiar los diferentes conceptos y documentaciones existentes, con el fin de asegurar el alcance

del fin planteado, por medio de las diferentes fases de calidad, las cuales permiten a la organización el aumento de la productividad y competitividad (CC, 2016).

El modelo de Lean Six Sigma es ampliamente recomendado para llevar a cabo procesos de mejora continua en este tipo de empresas, gracias a lo estructurado de su metodología es posible caracterizar el estado actual de los procesos de producción y determinar hacia dónde se deben concentrar los esfuerzos para obtener los resultados deseados en función de lograr la satisfacción de los clientes.

En ésta revisión literaria se tomaron como referencia diversos antecedentes que muestran cómo el uso de la metodología Six Sigma potencia la fase productiva de las empresas metalmecánicas, Obregón & Valentín (2021) mencionaron un propuesta para incrementar productividad de una empresa metalmecánica con el uso de la metodología; Zuluaga (2016) aplicó la metodología para problemas de calidad haciendo uso de herramientas para cumplir con su objetivo; Agudelo & Viana (2019) dan otra propuesta de mejora con ayuda de la metodología Six Sigma; Carrillo, Vargas, Severiche, Peralta & Ortega realizan una revisión del uso de la metodología en el contexto del ruido industrial, además de que aplican la metodología en el mismo contexto obteniendo como resultados mitigaciones del ruido para el cuidado de los colaboradores; Acosta, Sierra & Figueroa implementan la metodología para reducir defectuosidad en el proceso metalmecánico de la elaboración de neveras; entre otros antecedentes usados para la realización del texto.

El presente artículo llega a mostrar como el uso de las herramientas de la metodología six sigma puede impulsar la solución de problemas generados dentro de las empresas, tanto como problemas de productividad, de defectos en productos finales o de agentes que pueden causar incomodidad o enfermedades de tipo laboral a los operarios y/o trabajadores.

1.1.Six Sigma

Six Sigma es una metodología probada y aceptada por la industria utilizada para mejorar los procesos dentro de las empresas. Esta metodología ayuda a una organización a lograr un rendimiento superior y una mayor rentabilidad, y es muy eficaz tanto para las empresas basadas en servicios como para las enfocadas y/o relacionadas con productos. Six Sigma aplica un íntegro conjunto de habilidades especializadas para racionalizar las operaciones, incluso el análisis de procesos, la medición estadística y la facilitación de grupos.

| Nivel σ | DPMO | Nivel de calidad (%) |
|----------------|---------|----------------------|
| 1 | 690,000 | 30.2328 |
| 2 | 308,537 | 69.1230 |
| 3 | 66,807 | 93.3319 |
| 4 | 6,210 | 99.3790 |
| 5 | 233 | 99.9767 |
| 6 | 3.40 | 99.99966 |

Figura 2. Nivel Sigma
Fuente: Sixsigmagavac, 2017

La figura 2 describe cada uno de los niveles sigma, los defectos por millón de oportunidades y el porcentaje de calidad que obtiene cada uno. El nivel sigma es una medida que indica que tan buenos son los procesos y se relacionan con los defectos por millón de oportunidades (DPMO). Un nivel de defectos de 3,4 DPMO se considera un nivel de calidad excelente y, por tanto, un objetivo

estratégico a alcanzar si una empresa pretende la satisfacción de sus clientes.

1.2. DMAIC Six Sigma

La metodología Six Sigma DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) puede considerarse una hoja de ruta para la resolución de problemas y la mejora de productos y procesos. La mayoría de las empresas comienzan la implantación de Six Sigma utilizando como enfoque metodológico DMAIC, y posteriormente añaden las metodologías DFSS (Diseño para Six Sigma, también conocido como DMADV o IDDOV) cuando la cultura organizacional y el nivel de experiencia lo permiten.



Figura 3. DMAIC
Fuente: Radha & Arun, 2013

1.3. La industria metalmecánica

Dada la diversidad de actividades manufactureras que engloba este sector, dentro de los cuales los principales insumos son producto de la siderurgia y/o provenientes de la misma, a los cuales se les aplica un proceso de transformación, hace parte de este gran sector. Las industrias básicas e industrias de transformación también hacen parte; considerándose las primeras aquellas con énfasis en actividades de laminación en frío, caliente entre otros y las segundas aquellas dedicadas a la adquisición del hierro (aceros especiales y semiproductos) (Carrillo-Landazabal, Vargas-Ortiz, Severiche-Sierra, Peralta Ordosgoitia, & Ortega Vélez, 2022). La industria metalmecánica se caracteriza por ser un sector que requiere un alto nivel de precisión, calidad y capacidad de adaptación a las necesidades del mercado.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se empleó una revisión sistemática (artículos científicos, revistas, tesis, bases de datos) como técnica exploratoria y analítica para abordar y recolectar la información relevante sobre los resultados publicados de la aplicación de la metodología six sigma en el contexto industrial de la industria metalmecánica para la realización de la revisión literaria. Haciendo uso de una técnica comparativa se sustrajo la información más relevante, lo que dio paso a establecer el análisis de los mejores resultados que se obtuvieron en los textos seleccionados.

Para la extracción de información se partió de una búsqueda por diferentes bases de datos sobre publicaciones científicas como lo son Dimensions, IEEE Xplore, Science Direct, Journal, Google Scholar, además de diversos repositorios universitarios, entre otras búsquedas; empleando como palabras clave Six Sigma, industria metalmecánica, aplicación metodología Six Sigma, DMAIC,

Lean Six Sigma y Metalmecánica, e incluso extendiendo la búsqueda a publicaciones realizadas en otros idiomas. Esto con el fin de sustraer la mayor cantidad de material que tuviera que ver con el estudio a realizar.

Para saber cuáles textos usar se ha tenido como criterio que los estudios que mostraba estuvieran envueltos dentro del contexto metalmecánico y que se halla usado la metodología Six Sigma para ayudar a mejorar o corregir un error dentro del área productiva de la compañía y mostrasen resultados convincentes que se pudieran sintetizar de manera que se pudiese explicar de una manera simple y directa.



Figura 1. Análisis Six Sigma

Fuente: Elaboración propia

En la figura 1, análisis six sigma, se muestra el paso a paso ejercido para el análisis de la información. Como primer paso se tiene la búsqueda de información, que fue donde se realizó la búsqueda en diversas bases de información y se hizo la selección de escritos que tuviesen información relevante al caso, como lo es la aplicación de la metodología Six Sigma o el análisis de la misma dentro del contexto industrial metalmecánico; seguido a esto, se para a identificar cuál fue la problemática inicial por la cual surge la necesidad del análisis o la aplicación de la metodología estudiada, además de que allí dependiendo la problemática se homogeniza para expresar los resultados en el presente artículo y sintetizar más la información; posteriormente se revisaron y conocieron las herramientas que emplearon, ya sean estadísticas, cualitativas u otras, además del enfoque metodológico usado para la aplicación de Six Sigma, que en su mayoría fue el DMAIC, y se englobaron las herramientas dentro de las problemáticas conseguidas, además de que se evidenció una similitud en herramientas dependiendo la problemática; Luego se revisaron los resultados que obtuvieron cada uno de los autores para comprobar que la implementación de la metodología dio el resultado positivo que se esperaba; y por último, se estudian las conclusiones aportadas y con esto se termina de constatar el beneficio del uso de la metodología Six Sigma en la industria metalmecánica, ya que en diversos tipos de problemas se obtuvieron resultados que ayudan a mejorar la organización.

Básicamente se quería demostrar que la metodología Six Sigma puede llegar a ser tan flexible, que en diversos procesos de una industria tan compleja como lo es la metalmecánica, ayuda a la solución de problemas con una buena organización, un buen estudio y herramientas de ingeniería (5'S, brainstorm, Ishikawa, entre otros) de fácil aplicación, que además de ser accesibles, se muestran con buenos resultados en estos procesos.

Para la estructura y contenido del artículo se hizo uso de muchos artículos para la recopilación de información general respecto a los temas de interés, aunque muchos de éstos fueron descartados a la hora de analizar sus resultados ya que se podrían salir del punto de enfoque, por lo que en el análisis de resultados que se efectuó, hubo como principales bases el contexto del ruido industrial, la productividad y el mejoramiento de desperfectos en la fase de producción.

3. RESULTADOS

3.1. Ruido Industrial

Dado el nivel de interrelación que poseen los colaboradores (trabajadores), que pertenecen a este sector con los diferentes instrumentos (herramientas, maquinas, entre otros), se convierte en un sector ampliamente conocido por los innumerables riesgos, los cuales son inherentes de la actividad que realiza, aspecto que requiere mayor atención por parte de las diferentes organizaciones que velan por la seguridad del trabajador, por esta razón se hace imperativo realizar la construcción de un plan que permita minimizar los distintos riesgos a los que están expuestos los colaboradores (Envirod Med, 2017).

Hoy por hoy la seguridad laboral juega un papel muy importante en el desarrollo de las actividades profesionales, en este orden jerárquico de ideas, es de vital importancia se considere la planeación de estrategias eficaces que abarquen objetivos como la eliminación, actualización y medidas preventivas en lo que a riesgos refiere, aliados con el fomento de una cultura organizacional, en la que prevalezca la cultura preventiva (Valencia Londoño, Montoya Catrillón, & Gutierrez Angel, 2019). De manera simultánea, las organizaciones también tienen como finalidad el aumento del rendimiento en cuanto a lo que recursos y productividad refiere (Günter, Chris, Collingsd, & Hajro, 2020).

Uno de los peligros con mayor número de incidencia en el ámbito industrial se relaciona con el ruido, dado que es el de mayor holgura, puesto que el desarrollo de las actividades laborales, conlleva una mayor exposición a él, por tal razón el ruido es considerado como contaminación auditiva en la actualidad (Picú, Picú, & Rusu, 2019). Se considera que tras el desarrollo industrial también incrementó la accidentalidad laboral, teniendo en cuenta un informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el ruido es considerado como un factor de riesgo, e incluso es considerado como derivado de problemas de índole física para la salud, en el desenvolvimiento de las actividades laborales concernientes.

Según, (Teixeira, y otros, 2021), el ruido se encuentra presente en las industrias sin excepción alguna, arraigado al uso y funcionamiento de distintas maquinas, sin embargo se hace mayor hincapié en aquellos que carecen de la suficiente tecnología y como consecuencia se genera la producción de ruidos excesivos, los cuales en muchas ocasiones superan el umbral permitido y/o tolerable, este hecho influye de manera negativa en el desempeño de la realización de las actividades de los colaboradores, así mismo se refleja de manera contraproducente en la calidad de vida, cuyos efectos varían desde la manera más significativa (irritación) hasta consecuencias irreversibles (pérdida de la audición).

De acuerdo a lo mencionado anteriormente es imperativo realizar una investigación científica donde se indague acerca del comportamiento del ruido (disminución, aumento,

control) en la industria, para esto existen diversos métodos, una de ellas se conoce como Six Sigma, herramienta que se fundamenta en la reducción de la variabilidad de los procesos, a su vez está relacionada con el empleo de diferentes métodos y herramientas relacionadas con la gestión de calidad, y posteriormente se pone en práctica dentro de la organización en pro del perfeccionamiento de los sistemas de medición.

Este resumen y análisis de resultados se pudo desarrollar gracias a artículos de revisión e investigación que tenían como punto central el estudio o aplicación de Six Sigma para el contexto de ruido industrial como puede evidenciarse en artículos de los autores Carrillo, Vargas, Severiche, Peralta y Ortega, de lo cual se pudo obtener que por medio de investigaciones de tipo cuantitativa, con enfoque experimental y el uso de la observación directa, se realizó un estudio a los trabajadores expuestos al ruido del sector metalmeccánico, realizando énfasis en aquellos que pertenecen a las funciones operativas. Para esto se realizó una evaluación previa, con la finalidad de conocer minuciosamente el ambiente laboral al cual se encuentran expuestos los trabajadores, al momento de exponerse al ruido de los diferentes procesos metalmeccánicos.

Por lo tanto, busca la identificación del nivel del ruido al cual están expuestos los trabajadores con el fin de dar aplicabilidad a la metodología Six Sigma para caracterizar los diferentes procesos y actividades, para ello se apoya en la Guía Técnica Colombiana (GTC), identificando los peligros, con el fin de determinar los controles necesarios para la disminución de los mismos, por otra parte, se midió el nivel de presión sonora, el cual toma como referencia el menor nivel que el oído humano puede percibir, posteriormente se analizaron los resultados, donde se enfatizó la recolección de información vinculada con el decrecimiento de la capacidad auditiva, el nivel de ruido, el uso de elementos de protección personal y la frecuencia asociada a los golpes en la cabeza. Posteriormente se relaciona una acción de mejora con cada una de las causas identificadas, priorizando aquellas que tienen un nivel más crítico y que tienen mayor repercusión pernicioso sobre el proceso y disminuir o eliminar los productos no conformes.

Por medio del uso de diferentes herramientas como la GTC-45, Microsoft Excel y software como SPSS y R.3.2.3 se realizó la caracterización de los diferentes procesos en los cuales se realizó el análisis de diferentes entornos (oficina administrativa y área de operación), para luego realizar un análisis de los diferentes peligros relacionados con las actividades ya identificadas, con el fin de determinar los distintos controles a los cuales están expuestos.

Con ayuda de instrumentos (dosímetro y sonómetro), se identificaron los factores que afectan el funcionamiento del proceso, así mismo se establecen aquellas que están por encima del umbral permitido (85dB), se relacionan como principales causas las malas instalaciones, problemas administrativos, maquinaria y herramientas en mal estado y las malas prácticas de los operarios.

Al aplicar la metodología Six Sigma en relación con el decrecimiento del ruido industrial en los procesos productivos, enfatizados en el sector metalmeccánico, se puede aseverar que su puesta en marcha abarca un grupo de herramientas, juntos con acciones relacionadas directamente con la estadística que permitan dar paso a su desarrollo y cumplimiento efectivo, dando como resultado que las empresas opten por implementar programas para la conservación auditiva que vayan dirigidos a los trabajadores, teniendo como fin prevenir y llegar a controlar la pérdida auditiva, además que se cumpla con el ordenamiento legal vigente en materia de las características idóneas del ambiente laboral en término de la exposición laboral al ruido industrial, puesto que propicia un arrimo a la prevención de la

aparición de afecciones de tipo laboral por estos factores.

3.2. Productividad y/o Calidad

En diversos estudios realizados se evidencia el apoyo significativo de la metodología Six Sigma en cuanto a la mejora de productividad o calidad dado que en diversos procesos se pueden generar defectos o errores. Jiménez (2021) en su tesis señala la gran ayuda y aporte que llega a dar el uso de la metodología Lean Six Sigma con enfoque DMAIC en empresas pequeñas del sector metalmecánico para la mejora en cada uno de los procesos de fabricación, adicionalmente hace uso de herramientas para la disminución y/o eliminación de defectos en el proceso productivo, cosa que permite la obtención de información para la estandarización de operaciones, la identificación de desperdicios y la optimización del proceso de producción.. En muchos de los artículos se evidencia que las herramientas más utilizadas para una propuesta o una implementación que mejore significativamente los niveles de calidad y/o productividad son el uso del diagrama de Ishikawa como método de identificación de problemas, y acompañándolo con los 5 ¿Por qué?, ésta herramienta utilizada para hallar la causa del problema, e incluso haciendo acompañamiento con todos los miembros se puede emplear una lluvia de ideas con el fin de proponer métodos, herramientas y soluciones al problema, así lo afirma Garrido (2019).

Obregón & Valentín (2021) mencionan en su tesis, las empresas metalmecánicas en las cuales se identifica una baja productividad en áreas operativas, se buscan en qué medida se puede aumentar la productividad empleando la metodología Six Sigma. Se pudo dar solución a los problemas de productividad con el uso de herramientas de la calidad que generen datos y sean procesados para poder plantear una propuesta de mejora adecuada que ayude a mitigar el mal impacto productivo.

3.3. Disminución de errores

Como lo exponen los autores Acosta, Sierra y Figueroa en su artículo para dar una propuesta de mejora con el uso de la metodología Lean Six Sigma para la reducción de defectuosidad en el subproceso de metalmecánica en una empresa fabricante de refrigeradores comerciales, quisieron plantear la propuesta para la reducción de costos debido a la no calidad generada por reproceso. Dado que en un estudio preliminar detectaron que en el proceso metalmecánico se generaba un 11% de fallos por reprocesos quisieron emplear la metodología para poder optimizar el proceso haciendo uso de la herramienta DMAIC con el objetivo de reducir la defectuosidad, los costos de no calidad y la variabilidad del proceso; para poder obtener esto, decidieron determinar el índice de capacidad de proceso y el nivel sigma para con estos resultados, proponer las mejoras. Para la aplicación de Lean Six Sigma hicieron uso de diversas herramientas como Project charter, SIPOC, entre otras herramientas de la calidad. Como resultados del análisis de las diferentes etapas del enfoque DMAIC, optaron por proponer una implementación de la herramienta 5'S con el fin de que en el área metalmecánica no halla desperdicio de tiempo por no tener las condiciones de organización, orden y limpieza adecuada, además que con esto pueden ayudar a mejorar las condiciones de trabajo, seguridad, clima laboral y eficiencia. La herramienta de las 5'S es interesante de aplicar en éste caso, pues aporta grandes beneficios y su costo de implementación no suele ser muy alto, con esto el área puede tener mejor organización, orden y limpieza; para con esto, llegar a una disminución de costos de reprocesos, reducción de tiempos de desplazamientos por búsqueda de herramientas, los tiempos de producción programados se respetarán, e incluso puede haber una reducción de mantenimientos o en su defectos serán más fáciles de hacer.

4. CONCLUSIONES Y DISCUSION

La metodología Six Sigma empleando DMAIC en el contexto de las empresas metalmeccánicas para dar soluciones en su área productiva, finiquita en que su uso genera un grupo de herramientas estadísticas y acciones que permitan llegar al objetivo planteado para cada contexto en particular.

Coinciden diversos autores que al realizar una propuesta de mejora luego de hacer uso de la metodología Six Sigma, las herramientas más propensas a ser candidatas de implementación, es una para la identificación del problema, una para ver por qué surgió o surge el problema, una para generar soluciones y un plan para implementar y dar cumplimiento a la meta.

El desenvolvimiento de la metodología Six Sigma puede centrarse de diversas maneras teniendo en cuenta las expectativas de cada organización.

En las industrias metalmeccánicas, cuyo enfoque se basa en la precisión y la calidad, Six Sigma es un gran aliado a la hora de reducir costos, la mejora de la eficiencia, la optimización en la capacidad de fabricación y la satisfacción del cliente.

En cuanto a lo que ruido refiere, Six Sigma es usado con diferentes principios, algunos de ellos se basan en la identificación de la fuente por medio de herramientas de recopilación y análisis de datos, identificando las causas implícitas con el fin de tomar las medidas adecuadas de abordaje.

En las fuentes consultadas y seleccionadas para su revisión, todos los resultados concordaron con que la aplicación de la metodología ya sea para una propuesta de mejora, o para implementar un plan, conocer los problemas dentro de la línea productiva o solo para obtener datos de un proceso dentro de la empresa, se obtiene un resultado positivo y notorio luego de enfatizar en la metodología Six Sigma.

Se encontró que coinciden en las problemáticas el uso de algunas herramientas, lo que da a pensar que el buen uso de éstas produce resultados positivos y que son herramientas efectivas en la mitigación o solución de errores dentro de procesos productivos y/o administrativos dentro de la industria metalmeccánica.

En cuanto al análisis y revisión de información, dado a la cantidad de textos encontrados y sus resultados positivos, se intuye que es viable la implementación de la metodología objeto de estudio con su enfoque DMAIC para la solución de problemas dentro de cualquier área de la organización ya que tiene precedentes de su uso con buenos resultados que ayudan al correcto desarrollo y progreso de la empresa. Por lo que se recomienda que si se tiene acceso al proceso que causa alguna problemática, se emplee la metodología con diversas herramientas que lleven a su buena aplicación. Además de que con la implementación de Six Sigma se puede categorizar la empresa con el nivel Sigma que obtenga luego del estudio.

REFERENCIAS

M. S. Carrillo, J. T. Peralta, C. A. Severiche, V. P. Ortega y L. E. Vargas. (2021). Reducción de ruido industrial en un proceso productivo metalmeccánico: Aplicación de la metodología DMAIC de Lean Six Sigma. *Entre Ciencia e Ingeniería*, vol. 15, no. 30, julio-diciembre de 2021, páginas 41-48.

Carrillo-Landazabal , M. S., Vargas-Ortiz, M. L. E., Severiche-Sierra, D. C. A., Peralta-Ordosgoitia , I. J. T., & Ortega Vélez , I. V. P. (2022). Metodología DMAIC de Lean Six Sigma: Una revisión en el contexto del ruido industrial - sector metalmeccánico. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(2), 3148-3163. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i2.2081

Camilo Moisés Acosta Zapata, Julieth Alejandra Sierra Perez, Karim Figueroa Garcia. Aplicación de la metodología lean six sigma en el área de metalmeccánica de la producción de refrigeradores comerciales en la organización friomix del cauca. *Ingeniería Industrial, Fundación Universitaria de Popayán, Popayán, Colombia*. Recuperado de <http://univida.fup.edu.co/repositorio/files/original/23beb0b830d7ba53a9115d8536022de1.pdf>

Garrido Figueroa, Brisseth. (2019). Propuesta de mejoramiento de los procesos priorizados de producción y de prestación de servicio de mantenimiento en la Empresa Metalmeccánicas Muñoz S.A.S. basado en la metodología Six Sigma. Recuperado de <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/8310/39057.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. p (12, 14, 41)

Cabrera García, César Augusto y Jimenez Clemente, Kevin Joseph. (2022). Aplicación de la metodología lean six sigma para el desarrollo de un plan de mejora para la gestión de proceso en una pyme del sector metalmeccánico. Recuperado de <http://209.45.48.21/bitstream/autonomadeica/1430/1/Kevin%20Joseph%20Jimenez%20Clemente.pdf>.

Cahuana Sánchez, John Herbert. (2020). Método de gestión basado en Business Process Management (BPM) y Lean Six Sigma para optimizar la productividad del sector metalmeccánico de la Región Puno, caso: empresa INNOVA, 2018-2019. Recuperado de http://200.121.226.32:8080/bitstream/handle/20.500.12840/4569/Jhon_Tesis_Doctor_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Asociación de Industriales Metalúrgicos de la República de Argentina. (sf). Guía para una producción sustentable, Sector Metalmeccánico. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia-metalmeccanica.pdf>

Secretaría de TIC, Alcaldía de Manizales, Cámara de Comercio de Manizales. (2014). Caracterización sector metalmeccánico de Manizales. Recuperado de <https://www.colombiaproductiva.com/CMSPages/GetFile.aspx?guid=bec33987-5b31-4e79-a282-e971572f1951>

Rout, B. K., & Sikdar, B. K. (2017). Hazard Identification, Risk Assessment, and Control Measures as an Effective Tool of Occupational Health Assessment of Hazardous Process in an Iron Ore Pelletizing Industry. *Indian journal of occupational and environmental medicine*, 21(2), 56–76. https://doi.org/10.4103/ijoem.IJOEM_19_16

Londoño & Montoya & Gutiérrez. (2019). Cultura organizacional en industrias del sector metalmeccánico como estrategia para disminuir los niveles de accidentalidad laboral, 2013-2019. Recuperado de <https://repositorio.ucm.edu.co/bitstream/10839/2480/1/Alejandra%20Valencia%20Londo%C3%B1o.pdf>

Günter K. Stahl, Chris J. Brewster, David G. Collings, Aida Hajro, Enhancing the role of human resource management in corporate sustainability and social responsibility: A multi-stakeholder, multidimensional approach to HRM, *Human Resource Management Review*, Volume 30, Issue 3, 2020, 100708, ISSN 1053-4822, <https://doi.org/10.1016/j.hrmr.2019.100708>.

Picu, Picu, & Rusu. (2019). An Investigation into the Health Risks Associated with the Noise and Vibrations on Board of a Boat—A Case Study on the Danube River. *Journal of Marine Science and Engineering*, 7(8), 258. <https://doi.org/10.3390/jmse7080258>

Liliane R. Teixeira, Frank Pega, Wagner de Abreu, Marcia S. de Almeida, Carlos A.F. de Andrade, Tatiana M. Azevedo, Angel M. Dzhambov, Weijiang Hu, Marta R.V. Macedo, Martha S. Martínez-Silveira, Xin Sun, Meibian Zhang, Siyu Zhang, Denise T. Correa da Silva, The prevalence of occupational exposure to noise: A systematic review and meta-analysis from the WHO/ILO Joint Estimates of the Work-related Burden of Disease and Injury, *Environment International*, Volume 154, 2021, 106380, ISSN 0160-4120, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106380>.

Felizzola Jiménez, H., & Luna Amaya, C. (2014). Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 22(2), 263-277.

Enciso, Zenaida. (2020). Mejora del cumplimiento de fechas programadas en servicios de calibración aplicando Six Sigma. DOI <https://doi.org/10.15381/idata.v23i1.16666>

Gupta, Shivam & Modgil, Sachin & Gunasekaran, Angappa. (2019). Big Data in Lean Six Sigma: A Review and Further Research Directions. *International Journal of Production Research*. 58. 10.1080/00207543.2019.1598599.

Daniel Barberato Henrique & Moacir Godinho Filho (2020) A systematic literature review of empirical research in Lean and Six Sigma in healthcare, *Total Quality Management & Business Excellence*, 31:3-4, 429-449, DOI: 10.1080/14783363.2018.1429259

Gómez Montoya, R., Medina Varela, P., & Correa Espinal, A. (2019). El Six Sigma en La Cadena de Suministro. *Entre Ciencia E Ingeniería*, 6(12), 36-42. Recuperado a partir de <https://revistas.ucp.edu.co/index.php/entrecienciaingenieria/article/view/673>

[Radha Krishnan & Arun Prasath. \(2013\). SIX SIGMA CONCEPT AND DMAIC IMPLEMENTATION, International Journal of Business, Management y Research, ISSN 2249-6920, Vol 3. Issue 2 Jun 2013, 111-114](#)

Carrillo-Landazabal, M. S., Vargas-Ortiz, M. L. E., Severiche-Sierra, C. A., Peralta-Ordosgoitia, I. J. T., & Vélez, I. V. P. (2022). Metodología DMAIC de Lean Seis Sigma: Una revisión en el contexto del ruido industrial - sector metalmecánico. 2, 6(2), 3148–3163. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i2.2081

Guirao-Goris, J.A; Olmedo Salas, A; Ferrer Ferrandis, E. (2008) El artículo de revisión. *Revista Iberoamericana de Enfermería Comunitaria*, 1, 1, 6. Disponible en <http://revista.enfermeriacomunitaria.org/articuloCompleto.php?ID=7>.

Raj Bardhan Anand, Sanjay Kumar Shukla, Amol Ghorpade, M. K. Tiwari & Ravi Shankar (2007) Six sigma-based approach to optimize deep drawing operation variables, *International Journal of Production Research*, 45:10, 2365-2385, DOI: 10.1080/00207540600702308

Vargas Andres. (2018). REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE EL IMPACTO DE LA APLICACIÓN DEL MODELO SIX SIGMA EN PYMES COLOMBIANAS. Fundación Universitaria de América. Recuperado de <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6979/1/6122828-2018-II-GC.pdf>

Obregón Andahua, Gianella Fiorella, Valentín Romero, Lincoln Otilio. (2021). Propuesta de la metodología Six Sigma para incrementar la productividad en la empresa metalmecánica Técnicos Industriales Chaya E.I.R.L. Huaraz. Universidad César Vallejo. Recuperado de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/83677>