

Metodología DMAIC de Lean Seis Sigma: Una revisión en el contexto del ruido industrial - sector metalmecánico

MSc. Martha Sofia Carrillo-Landazabal

marthacarrillo2007@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-5446-9010>

Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco
Cartagena de indias, Colombia

MSc. Luz Elena Vargas-Ortiz

luz.vargas@tecnologicocomfenalco.edu.co

<https://orcid.org/0000-0003-4716-5227>

Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco
Cartagena de indias, Colombia

Dr. Carlos Alberto Severiche-Sierra

cseveriche@tecnocomfenalco.edu.co

<https://orcid.org/0000-0001-7190-4849>

Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco
Cartagena de indias, Colombia

Ing. Jessica Teresa Peralta-Ordosgoitia

jessica.peralta@tecnologicocomfenalco.edu.co

<https://orcid.org/0000-0003-4716-5239>

Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco
Cartagena de indias, Colombia

Ing. Viviana Paola Ortega Vélez

viviana.ortega@tecnologicocomfenalco.edu.co

<https://orcid.org/0000-0003-4716-5240>

Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco
Cartagena de indias, Colombia

RESUMEN

Los peligros en el ámbito industrial más comunes son los físicos, siendo el ruido el de mayor abundancia, el trabajo y el desarrollo nos obligan a vivir en un entorno en el cual el mundo de los sonidos se vuelve agresivo para el hombre, de manera que se puede considerar al ruido como un significativo contaminante en la actualidad. El objetivo principal fue analizar cualitativamente la literatura científica disponible en las bases de datos y páginas web oficiales de Scielo, Redalyc y Google Académico, utilizando como palabras de búsqueda: ruido industrial, industria metalmecánica, Lean Seis Sigma, DMAIC. Se obtuvo información relevante relacionada con el objetivo propuesto, que se

presenta en tres apartados: Lean Seis Sigma, DMAIC, ruido industrial en la metalmecánica. La metodología Lean Seis Sigma con las etapas DMAIC puede ser utilizada para reducir la variabilidad operacional y reducir el ruido como contaminante industrial, medir el nivel de presión sonora por cada máquina y operador después de implementar medidas de control en el individuo, medio y fuente, indican que los niveles de presión sonora disminuyen significativamente.

Palabras clave: ruido industrial, DMAIC, lean seis sigma, metalmecánica.

Lean Six Sigma DMAIC Methodology: A review in the context of industrial noise - metalworking sector

ABSTRACT

The most common dangers in the industrial field are physical, noise being the most abundant, work and development force us to live in an environment in which the world of sounds becomes aggressive for man, so that noise can be considered as a significant pollutant today. The main objective was to qualitatively analyze the scientific literature available in the official databases and websites of Scielo, Redalyc and Google Scholar, using as search words: industrial noise, metalworking industry, Lean Six Sigma, DMAIC. Relevant information related to the proposed objective was obtained, which is presented in three sections: Lean Six Sigma, DMAIC, industrial noise in metalworking. The Lean Six Sigma methodology with the DMAIC stages can be used to reduce operational variability and reduce noise as an industrial pollutant, measure the sound pressure level for each machine and operator after implementing control measures in the individual, medium and source, indicate that sound pressure levels decrease significantly.

Keywords: industrial noise, DMAIC, lean six sigma, metalworking.

Artículo recibido: 03 marzo 2022

Aceptado para publicación: 20 marzo 2022

Correspondencia: marthacarrillo2007@gmail.com

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

INTRODUCCIÓN

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 (Flores et al., 2021; Marrugo-Ligardo, 2017). 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 (Carrillo-Landazabal et al., 2021).

En este sentido, la importancia que reviste hoy la seguridad laboral en el mundo, es considerada por la gerencia moderna, como el área de mayor atención para las organizaciones, dadas las implicaciones que se derivan de los accidentes e incidentes de trabajo, en materia económica, material y humana (Pilco, 2021; Herrán-Villalba et al., 2016), de manera paralela, también se tiene en las organizaciones el propósito de aumentar al máximo el rendimiento de sus recursos y mejorar la productividad, para el incremento de las utilidades financieras y, desde luego, el crecimiento en el nivel de vida de los colaboradores de la empresa (Ahumada-Villafañe et al., 2019; Jaimes-Morales, 2018).

Los peligros en el ámbito industrial más comunes son los físicos, siendo el ruido el de mayor abundancia, el trabajo y el desarrollo nos obligan a vivir en un entorno en el cual el mundo de los sonidos se vuelve agresivo para el hombre, de manera que se puede considerar al ruido como un significativo contaminante en la actualidad (Tejena, 2014). Según un informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS) del año 2002, el ruido se incluye dentro de los cinco principales factores de riesgo de naturaleza física para la salud en el medio laboral (Martin & Rojas, 2014).

Según Ganime y colaboradores (2010), el ruido industrial existe en todas las industrias a consecuencia del funcionamiento de máquinas de los más variados tipos, algunas máquinas principalmente las que están dotadas de menos tecnología producen ruidos excesivos, más allá de lo tolerable. Este tipo de ruido está en conflicto con las condiciones de vida humana y se contrapone al aumento de la productividad del trabajo y a la calidad de salud del mismo, o sea, si el empleado es obligado a trabajar en ambientes ruidosos

disminuye su productividad por efectos psicofisiológicos, que van desde la simple irritación hasta la pérdida de la audición.

El ruido es en la mayoría de los países, es el agente nocivo más frecuente en el lugar de trabajo. Su presencia en las actividades industriales se suma a su amplia difusión en los medios urbanos y sociales, especialmente en actividades de ocio. Esta difusión casi universal de ruido en entornos sociales y de trabajo se vuelve más importante si se considera que el perjuicio derivado de la audición es irreversible, y que la exposición produce otros trastornos - orgánicos, fisiológicos y psico - emocional - que se traducen en una reducción clara en la calidad de la vida y la salud de los trabajadores (Sierra & Bedoya, 2016).

En tal sentido, los trabajadores pueden verse expuestos a niveles elevados de ruido en diversas y variadas ocupaciones como en la construcción, minería, fundición, industria textil, industria petrolera, petroquímica (Coronel et al., 2021). En casi todos los procesos industriales mecanizados el ruido es uno de los principales riesgos presentes en los ambientes de trabajo que alteran el desempeño personal y la productividad empresarial. La industria metalmecánica es uno de estos sectores donde la principal condición ambiental presente productora de trastornos adversos a la salud es el ruido (Monrroy et al., 2021).

Con base en los estudios hechos en 2014 por Trujillo e Iglesias, establecen que la fase embrionaria de este sector se remonta a principios del siglo XIX, en la cual se destacan una serie de propulsores que describen su evolución inicial. El primero de ellos, lo constituye la presencia de ferrerías, entre las que sobresalen La Ferrería de Pacho en Cundinamarca y las de Pradera y Amagá en Antioquia, como preludeo de la industria siderúrgica del país y uno de los impulsores del proceso de industrialización nacional.

Por lo tanto, se hace necesario la exploración científica del comportamiento de disminución del ruido en las diferentes industrias, para lo cual existen variadas estrategias, una de las metodologías utilizadas en las empresas para el mejoramiento de la calidad, es Seis Sigma, cuyo objetivo es reducir la variabilidad de un proceso a través de la aplicación de los métodos estadísticos y herramientas de gestión de la calidad, para ser aplicado en la mejora de los sistemas de medición (Barrera et al., 2017). Que también se ha convertido en las estrategias comerciales más populares para implementar mejora

continúa en las organizaciones de fabricación, servicio y servicio público (Díaz et al., 2015).

En su génesis el concepto Six Sigma apareció a mediados de los ochentas y fue Motorola Company quien desarrolló varias variantes del concepto con enfoques de mejora y siendo operado sólo en grandes organizaciones con recursos y tecnologías disponibles (Severiche et al., 2018), se han evidenciado en vista que estas primeras la implementación de esta tendencia se ha dado en mayor grado que en la pequeña y mediana empresa (Vidal et al., 2017).

Veinte años después de su primera aparición, aproximadamente en el año 2000, se ha interpretado al término "Lean Six Sigma" como el medio mediante el cual se describe la integración de las filosofías de mejora comercial, incremento del valor de los accionistas, enfocado en la mejora de los atributos hacia la satisfacción del cliente y el mermar los costos de la producción (Medina et al., 2020). Sin embargo, también ha sido descrita como metodología de mejora de procesos para lograr resultados de proceso estables y predecibles, reduciendo la variación del proceso y los defectos (Martínez-Calderón et al., 2019), sin embargo, luego de su origen en los años ochenta se pensó que el six sigma podría ser una metodología obsoleta, aunque la calidad siempre ha sido un requisito en los productos y servicios de las empresas (Barrera et al., 2017).

Este método evolucionó rápidamente a otros sectores y siendo el año 2000, las empresas de distribución de plantas y educación con la metodología para el control de la calidad reduciendo defectos en productos (Felizzola & Luna, 2014), siendo para fines prácticos la implantación de programas de calidad para ser un factor diferencial y una ventaja competitiva en busca de la participación en el mercado, defendido por las estadísticas que demuestran su conveniencia (Teiler et al., 2021). Una de las bases de esta tendencia sea exitosa es la existencia de una gran cantidad de documentaciones, calificaciones y auditorías para seguir e informar para un mejor logro del control (Guerrero et al., 2019). Por todo lo hasta aquí expuesto, en este trabajo se hace la revisión de la literatura científica disponible con la temática. metodología DMAIC de lean Seis Sigma en el sector metalmecánico en el contexto del ruido industrial.

LEAN SEIS SIGMA

A lo largo de los años se han desarrollado metodologías y filosofías con el fin de maximizar el valor para las empresas, sin embargo, los enfoques y objetivos de estas

metodologías y filosofías han sido limitados al área productiva, al igual que sus herramientas. Lean Seis Sigma es una filosofía y metodología que combina la manufactura esbelta con six sigma, y establece cómo mejorar los procesos en una forma que involucra los costos de la mala calidad, procesos fuera de control, el desperdicio y los factores críticos de los requerimientos de los clientes (Zimmermann et al., 2020).

El pensamiento esbelto y seis sigma son dos de las técnicas más efectivas de mejoramiento disponibles hoy día, sin embargo, muchas empresas siguen luchando para aprovechar una o dos disciplinas para lograr los resultados deseados. La conveniencia de la aplicación conjunta del pensamiento esbelto y seis sigma es poder alcanzar los mejores resultados que ofrecen cada una de las filosofías (De La Hoz et al., 2020).

Lean Manufacturing la cual se fundamenta en base a conceptos establecidos por el sistema de producción de Toyota, TPS, y gira en torno a la eliminación del desperdicio en todas sus formas y Six Sigma surge a partir de la gestión de la calidad total y de otros métodos de mejora de la calidad, y su gran ventaja es que reduce la variación (Pulido et al., 2018). Veinte años después de su primera aparición, aproximadamente en el año 2000, se ha interpretado al término "Lean Six Sigma" como el medio mediante el cual se describe la integración de las filosofías de mejora comercial, incremento del valor de los accionistas, enfocado en la mejora de los atributos hacia la satisfacción del cliente y el mermar los costos de la producción (Zhang et al., 2012).

Sin embargo, también ha sido descrita como metodología de mejora de procesos para lograr resultados de proceso estables y predecibles, reduciendo la variación del proceso y los defectos (Galdino et al., 2017) sin embargo luego de su origen en los años ochenta se pensó que el six sigma podría ser una metodología obsoleta, aunque la calidad siempre ha sido un requisito en los productos y servicios de las empresas (García et al., 2018).

En áreas de servicios como el hospitalario el Seis Sigma es una poderosa metodología de mejora del proceso que podría ser aplicada para reducir los errores de medicación, aumentar la seguridad del paciente y reducir los costos operativos (Aguilar & Garrido, 2013). Lo anterior demuestra que se mejoran muchas dimensiones del rendimiento como la capacidad de respuesta, seguridad del paciente y posiblemente el ahorro de costos (Teiler et al., 2021). También en la industria farmacéutica se han desarrollado aplicaciones de herramientas Lean Sigma en ciclos de producción (Vidal et al., 2017).

De igual forma datos obtenidos en la preparación de mezclas de nutrición parenteral que

utilizaron la herramienta lean sigma muestran una mejora significativa a través del tiempo, indican que el 100% de las mezclas cumplen con los límites de especificación para adultos y recién nacidos, siempre dentro de los límites de control durante el proceso (Severiche et al., 2018).

DMAIC

El DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar, y controlar) es la metodología de procesos usado por seis sigma, y es un método que sigue un formato estructurado y disciplinado basado en el planteamiento de una hipótesis la realización de experimentos y su subsecuente evaluación para confirmar o rechazar la hipótesis previamente planteada (Vidal et al., 2018; Celis & García, 2012). La metodología DMAIC (por sus siglas en inglés: Define, Mide, Analiza, Implementa Controla), utilizada en el desarrollo proyectos Seis Sigma. Esta metodología consiste en definir el problema, medir, analizar, proponer mejoras y controlar los procesos involucrados (Hernández et al., 2021; González et al., 2021).

Las amplias recomendaciones del uso de herramientas de mejoramiento, también han generado cuestionamientos entre académicos, investigadores, empresarios y público en general, sobre su incidencia en el desempeño de las organizaciones, siendo complejo demostrarlo desde el punto de vista científico, debido a la dinámica que rodea a la empresa, a la dificultad para monitoreos constantes, propios de estudios longitudinales, a la cantidad de variables incontrolables que signan el actuar de las organizaciones y al difícil acceso a la información (Medina et al., 2020).

Esto ha llevado, por ejemplo, a realizar aportes de tipo exploratorio o de descripción de variables (Albert et al., 2017) que si bien son fundamentales y punto de partida para otros, reflejan oportunidades de investigación respecto a la incidencia de herramientas de mejoramiento en los resultados empresariales (Ocampo & Pavón, 2012), y más aún, separando grandes firmas de las denominadas PYMES, pues sus diferencias en términos de configuración, actuar, desarrollo y necesidades son exorbitantes (Martínez et al., 2019), además de que son diversas las amenazas para éstas últimas, a medida que se derriban las barreras económicas (Severiche et al., 2018). A continuación, en la Tabla 1, se dará una definición de que consiste cada fase.

Tabla 1. Etapas de DMAIC

Definir	Esta primera etapa está orientada a la comprensión del problema y sus consecuencias económicas.
Medir	La segunda etapa correspondiente a la metodología DMAIC, en esta “se desarrolla y aplica un procedimiento de recogida de aquellos datos que nos permitan medir la importancia y gravedad del problema.
Analizar	En esta tercera etapa, “ante los resultados obtenidos en la etapa anterior, se lleva a cabo un análisis donde se llega hasta las causas primeras que han originado el problema”.
Mejorar	En esta cuarta etapa, el paso consiste en proponer y seleccionar las propuestas de mejorar para dar solución al problema en la que se ve enfrentada la organización.
Controlar	Con esta última etapa se busca elaborar procedimientos o estrategias que permitan controlar la mejorar, se definen controles para asegurarse que las mejoras que fueron aplicadas se mantengan en la organización.

Fuente: Elaboración propia

Ruido Industrial Contexto Metalmecánico

La Industria Metalmecánica comprende un diverso conjunto de actividades manufactureras que, en mayor o menor medida, utilizan entre sus insumos principales productos de la siderurgia y/o sus derivados, aplicándoles a los mismos algún tipo de transformación, ensamble o reparación. Asimismo, forman parte de esta industria las ramas electromecánicas y electrónicas, que han cobrado un dinamismo singular en los últimos años con el avance de la tecnología (Betancourt & Cruz, 2018).

Asimismo, la industria del metal se divide en industrias básicas e industrias de transformación. Se consideran industrias metalúrgicas básicas las de obtención de hierro, aceros especiales, semiproductos y primeros laminados y se denominan industrias metalúrgicas de transformación a las que se dedican a las actividades de laminación en frío y caliente, entre otros (Severiche et al., 2017).

La contaminación sonora, constituye una dificultad ambiental para las personas por los problemas a la salud que puede ocasionar, los peligros por ruido actualmente están identificados como un inconveniente a solucionar por la salud ambiental, son las formas

de energía latentemente nocivas en el ambiente, que pueden resultar en peligrosidad inmediata o gradual de adquirir un daño cuando se transfiere en cantidades suficientes a individuos expuestos (Amable et al., 2017).

A lo largo de los últimos años, la competitividad en el mercado del sector metalmeccánico ha crecido notablemente debido a avances tecnológicos y metodologías de trabajo. Por otra parte, el mercado está inundado de productos de competencia directa, por lo que las empresas deben ser cuidadosas con el entrenamiento permanente y compromiso con sus procesos para poder satisfacer las necesidades de los clientes en todos los sentidos sin verse afectadas (Núñez et al., 2016).

La primera afirmación internacional que divisó los efectos del ruido sobre la salud humana se remonta a 1972, cuando la Organización Mundial de la Salud (OMS) decidió catalogarlo genéricamente como un tipo más de contaminación. Siete años después, la Conferencia de Estocolmo, clasificaba al ruido como un contaminante específico. Aquellas primeras disposiciones oficiales fueron ratificadas posteriormente por la entonces emergente Comunidad Económica Europea (CEE), que requirió a los países miembros un esfuerzo para regular legalmente la contaminación acústica (Peña et al., 2019).

La hipoacusia inducida por ruido (HIR) es un problema de salud que se incrementa, conjuntamente con el avance de la civilización. La exposición a ruidos de alta intensidad, origina trastornos como la incapacidad para la comunicación personal, reduce la calidad de vida del ser humano y su socialización, fenómeno este conocido como socioacusia (Ortiz, 2021; Suárez & Díaz, 2021; Ogido et al., 2009). Entre los posibles factores causales de hipoacusia en el medio laboral se deben considerar dos: la exposición a niveles altos de ruido ambiental y a diferentes productos tóxicos (Ej. anhídrido carbónico, arsénico, tolueno etcétera) (Cruz & Alvarez, 2020; Brenes, 2011).

El ruido es uno de los más comunes riesgos para la salud de oficiales, soldados y civiles que laboran en ambientes militares, por lo que reviste una importancia vital el estudio y prevención de los daños asociados con este (Garro & Tinoco, 2020). La automatización y la mecanización han revolucionado los sistemas masivos de producción que emergieron de la revolución industrial. Desde 1980, este periodo se ha denominado la “revolución posindustrial”. (Rodríguez, 2021; Sierra et al., 2013). Este nuevo sistema se caracteriza por el uso de equipo moderno, plaguicidas y otras sustancias químicas que conducen, por

un lado, a una mayor productividad y por el otro, a problemas de salud y contaminación ambiental (Cerro-Romero et al., 2020). El Nivel de Presión Sonora es la medición logarítmica del valor promedio de la presión sonora, respecto a un nivel de referencia el Nivel de Presión Sonora se mide en decibeles SPL, y se abrevia "dB SPL", por las siglas en inglés de Sound Pressure Level. Cuantos más decibeles SPL tenga un sonido, más fuerte, o con más volumen es percibido (Vallejo-Noguera, et al., 2020; García et al., 2015).

CONCLUSIONES

La metodología DMAIC al ser aplicada para la reducción de ruido industrial en procesos productivos de Sector Metalmecánico, se concluye que su implementación incluye un conjunto de acciones y herramientas estadísticas que permiten el desarrollo y cumplimiento satisfactorio, se hace necesario que las empresas implementen un programa para la conservación auditiva, el cual debe estar dirigido a los trabajadores, con el objetivo de prevenir y controlar la aparición de pérdida auditiva, cumplan la normatividad vigente en los aspectos de mantener las condiciones de trabajo seguras en términos de exposición laboral a ruido industrial, ya que ayuda a la disminución de accidentes y enfermedades laborales, al igual es de inmediatez establecer un programa de mantenimiento preventivo y correctivo en forma periódica en las distintas fuentes del ruido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar-Escobar, V. G., & Garrido-Vega, P. (2013). Gestión Lean en logística de hospitales: estudio de un caso. *Revista de Calidad Asistencial*, 28(1), 42-49.
- Ahumada-Villafañe, I., Palacio-Angulo, J., Posada-Lopez, J. & Orjuela, I. D. (2019). Percepción del riesgo laboral en trabajadores operativos del sector metalmecánico. *IPSA Scientia, Revista científica Multidisciplinaria*, 4(1), 49–59.
- Albert, E. N., Soler, V. G., & Molina, A. I. P. (2017). Metodología e implementación de Six Sigma.
- Amable Álvarez, I., Méndez Martínez, J., Delgado Pérez, L., Acebo Figueroa, F., de Armas Mestre, J., & Rivero Llop, M. L. (2017). Contaminación ambiental por ruido. *Revista Médica Electrónica*, 39(3), 640-649.

- Barrera García, A., Cambra Díaz, A., & González González, J. A. (2017). Implementación de la metodología seis sigma en la gestión de las mediciones. *Revista Universidad y Sociedad*, 9(2), 8-17.
- Betancourt Guerrero, B., & Cruz Jaramillo, J. A. (2018). Escenarios futuros del sector metalmeccánico. Municipio de Tuluá y su zona de influencia. *Horizonte 2018-2028. Informador Técnico*, 82(2), 181.
- Brenes, R. U. (2011). Hipoacusia de origen laboral. *Revista Médica de Costa Rica y Centroamérica*, 68(599), 447-453.
- Calderón, D., Bedoya, E., & Ramírez, N. (2013). Hipoacusia neurosensorial en una empresa del sector madera. *Teknos revista científica*, 9-18.
- Carrillo Landazabal, M., Peralta Ordosgoitia, J., Severiche Sierra, C., Ortega Vélez, V., & Vargas Ortiz, L. (2021). Reducción de ruido industrial en un proceso productivo metalmeccánico: Aplicación de la metodología DMAIC de Lean Seis Sigma. *Entre Ciencia E Ingeniería*, 15(30), 34-41.
- Celis, O. L. M., & García, J. M. S. (2012). Modelo tecnológico para el desarrollo de proyectos logísticos usando Lean Six Sigma. *Estudios gerenciales*, 28(124), 23-43.
- Cerro-Romero, S. M., Valladares-Garrido, D., & Valladares-Garrido, M. J. (2020). Factores asociados a hipoacusia inducida por ruido en trabajadores de una empresa metalmeccánica de Talara, Piura periodo 2015–2018. *Revista del Cuerpo Médico Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo*, 13(2), 122-127.
- Coronel, L. M. S., Campoverde, D. O. C., & Camuendo, C. P. C. (2021). Evaluación del ruido laboral producido por equipos industriales en un taller automotriz. *Revista Científica "Conecta Libertad"*, 5(3), 13-26.
- Cruz, A. E., & Alvarez, M. D. L. C. A. (2020). El ruido como factor causante de la hipoacusia en jóvenes y adolescentes. *Universidad Médica Pinareña*, 16(2), 427-427.
- De La Hoz, E. J., Fontalvo, T. J., & Fontalvo, O. M. (2020). Evaluación de la calidad del servicio por medio de seis sigma en un centro de atención documental en una Universidad. *Formación universitaria*, 13(2), 93-102.
- Felizzola, H., & Luna, C. (2014). Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 22(2), 263-277.

- Flores, M. X. L., Flores, E. R. L., & Flores, C. E. O. (2021). Riesgos laborales por ruido e iluminación: caso de estudio de una empresa de calzado. *Revista Odigos*, 2(2), 81-99.
- Galdino, J., H. Gomes, And F. Toledo, “Impacts Of Lean Six Sigma Over Organizational Sustainability: A Survey Study.,” *Journal Of Cleaner Production*, Vol. 156, Pp. 262-275, 2017.
- Ganime, J., Almeida, L., Robazzi, C., Valenzuela, S. & Faleiro, S. (2010). El ruido como riesgo laboral: una revisión de la literatura. *Enfermería Global*, 19, 1-15.
- García, L. M. T., Carrera, M. R., & Rubio, I. N. (2015). Estudio de la hipoacusia inducida por ruido en trabajadores utilizando el modelo de aplicación del instituto nacional de salud de los trabajadores de cuba. *Revista Cubana de Salud y Trabajo*, 16(2), 37-43.
- García-Alcaraz, J., G. Alor-Hernández, C. Sánchez-Ramírez, E. Jiménez-Macías, J. Blanco-Fernández, And J. Latorre-Biel, “Mediating Role Of The Six Sigma Implementation Strategy And Investment In Human Resources In Economic Success And Sustainability.,” *Sustainability*, Vol. 10, Pp. 1828, 2018.
- Garro, E. J., & Tinoco, O. R. (2020). Evaluación de los resultados de los exámenes médicos ocupacionales de la hipoacusia en trabajadores de una Planta de tintorería textil en Lima Años 2014 y 2017. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 23(46), 103-110.
- González, R. G., León, S. J., Ramírez, I. G., & Pérez, J. E. C. G. (2021). DMAIC–SIX SIGMA: DMAIC Six Sigma. *Revista Relayn-Micro y Pequeñas empresas en Latinoamérica*, 5(3), 164-190.
- Guerrero Moreno, David Rodrigo, Silva Leal, Jorge Antonio, & Bocanegra-Herrera, Claudia Cristina. (2019). Revisión de la implementación de Lean Six Sigma en Instituciones de Educación Superior. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 27(4), 652-667.
- Hernandez, L. C. R., Romero, J. L., Lopez, Y. B., Sanchez, A. P., & Mendoza, D. T. (2021). Lean Healthcare y DMAIC para mejorar el proceso de suministro en un hospital público. *DYNA management*, 9(1), 20-p.

- Herrán-Villalba, V., Lugo-Calderón, E., Puello-Martínez, A., & Ruiz-Restrepo, A. (2016). Nivel de conocimiento en riesgos laborales: el caso de trabajadores de servicios generales en una universidad. *IPSA Scientia, Revista científica Multidisciplinaria*, 1(1), 43–51.
- Jaimes-Morales, J. (2018). Sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo: una revisión desde los planes de emergencia. *IPSA Scientia, Revista científica Multidisciplinaria*, 3(1), 23–29.
- Marrugo-Ligardo, Y. (2017). Health and safety management system in Latin America: a review from the HSEQ integration. *IPSA Scientia, Revista científica Multidisciplinaria*, 2(1), 38–45.
- Martínez-Calderón, J. R., García-Pérez, E., & Carlos-Ornelas, C. E. (2019). Efecto de Seis Sigma en el Almacén de una Empresa Manufacturera. *Conciencia Tecnológica*, (58), 32-39.
- Medina, M. A. R., Lucero, J. G. T., OJINAGA, E. R. P., & Mata, L. E. T. (2020). Reducción de la variación en un proceso de moldeo de partes a través de la metodología 6 sigma. *DYNA management*, 8(1), 18-p.
- Monrroy, R. B., Osorio, B. G., & Salazar, K. C. (2021). Evaluación higiénica de riesgos físicos en el sector maderero del Ecuador. *Ingeniería Industrial*, (41), 49-67.
- Núñez, A. C., Marrero, M. A. D., & García, T. A. T. (2016). Evaluacion del ambiente sonoro en la actividad de un astillero. *Revista Cubana de Ingeniería*, 7(3), 64-70.
- Ocampo, J., & Pavón, A. (2012, July). Integrando la metodología DMAIC de Seis Sigma con la Simulación de Eventos Discretos en Flexsim. In *Tenth LACCEI Latin American and caribbean conference for engineering and technology*.
- Ogido, R., Costa, E. A. D., & Machado, H. D. C. (2009). Prevalência de sintomas auditivos e vestibulares em trabalhadores expostos a ruído ocupacional. *Revista de Saúde Pública*, 43(2), 377-380.
- Ortiz, E. A. G. (2021). Relación de la hipoacusia con el ausentismo laboral en la Planta MOLICAL SAC–2017. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 24(48), 101-108.
- Peña, O. H., Montero, G. H., & Rodríguez, E. L. (2019). Ruido y salud. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 48(4), 929-939.

- Pilco, D. A. F. (2021). Daño auditivo en trabajadores por exposición a ruido laboral. *Universidad y Sociedad*, 13(S2), 117-122.
- Pulido, M. O. P., Merli, G. O., Perazzi, J. R., & Vence, M. V. (2018). Perceptive analysis of the quality in health services' delivery with a Six-Sigma approach. *Revista Cubana de Salud Pública*, 44(2), 325-343.
- Rodríguez, Á. G. O. (2021). Estudio transversal: pérdida auditiva causada por ruido en el personal de la aviación militar ecuatoriana. *Ciencia y Poder Aéreo*, 16(1), 139-148.
- Severiche, C., Carrillo, M., Vargas, L., Mendoza, Y. & Cohen, H. (2018). Lean Seis Sigma para la gestión de riesgos y confiabilidad empresarial. En V. Meriño (Ed.), *Gestión del Conocimiento Perspectiva Multidisciplinaria* (Vol. 7, pp. 309-326). Fondo Editorial Universitario de la Universidad Nacional Experimental Sur del Lago Jesús María Semprúm.
- Severiche, C., Medina, V. P., & Calderón, D. S. (2017). Ruido industrial como riesgo laboral en el sector metalmeccánico. *Ciencia y Salud virtual*, 9(1), 31-41.
- Suárez, C. M. M., & Díaz, I. D. L. M. F. (2021). Revisión del tinnitus como dolencia que afecta la salud poblacional y ocupacional. Tratamiento convencional e integración de terapias naturales. *Revista Cubana de Salud y Trabajo*, 19(3), 72-75.
- Teiler, J. S., Traverso, M. L., & Bustos Fierro, C. (2021). Optimización de procesos relacionados con la gestión del inventario de una farmacia hospitalaria mediante el uso de la metodología Lean Six Sigma. *Revista de la OFIL*, 31(1), 58-63.
- Tejena, J. (2014). Prevalencia de la pérdida auditiva en trabajadores expuestos a ruido industrial en una planta generadora de energía por medio de biomasa (Tesis de maestría). Universidad Estatal de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Trujillo, J. & Iglesias, W. (2014). Determinantes del crecimiento de las micro, pequeñas y medianas empresas colombianas: el caso del sector metalmeccánico. *Revista Semestre Económico*, 15(32), 41-76.
- Vallejo-Noguera, F. F., Rubio-Endara, O. W., López-Zambrano, J. R., & Véliz-Gutiérrez, O. N. (2020). Hipoacusia, una aproximación conceptual dirigida a los trabajadores de Ecuador. *Polo del Conocimiento*, 5(9), 722-739.

- Vidal, B. P., Soler, V. G., & Molina, A. I. P. (2018). Metodología Six Sigma. Comparación entre ciclo PDCA y DMAIC. In Cuadernos de investigación aplicada (pp. 27-34). 3ciencias.
- Vidal, G. H., Aguas, Y. P., & Puello, E. V. (2017). Enfoque seis sigma y proceso analítico jerárquico en empresa del sector lácteo. *Revista Venezolana de Gerencia*, 22(80), 610-636.
- Villalba, V., Vargas, L., Bedoya, E., & Severiche, C. (2017). Work absenteeism in workers of an agrochemical manufacturing plant. *IPSA Scientia, Revista científica Multidisciplinaria*, 2(1), 10-20.
- Zhang, Q., Irfan, M., Aamir, M., Khattak, O., Zhu, X., And Hassan, M. "Lean Six Sigma: A Literature Review.," *Interdisciplinary Journal Of Contemporary Research In Business*, Vol. 3, 599–605, 2012.
- Zimmermann, G. D. S., Siqueira, L. D., & Bohomol, E. (2020). Aplicação da metodologia Lean Seis Sigma nos cenários de assistência à saúde: revisão integrativa. *Revista Brasileira de Enfermagem*, 73.