



ISSN-e: 2711-3892

Solución de problemas de calidad aplicando la metodología seis sigma. Caso de estudio: proceso productivo de soldadura

Solution of quality problems applying the six sigma methodology. Case study: welding production process

Sergio Andres Correa¹, Sandra Castro²

¹ Universidad de Pamplona, Facultad de ingenierías y Arquitectura, 1Programa de ingeniería industria, Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

² Universidad de Pamplona, Facultad de ingenierías y Arquitectura, 1Programa de ingeniería industria, Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

sergio.correa@unipamplona.edu.co sandra.castro@unipamplona.edu.co

Correspondencia: Sandra Castro

Correo electrónico:
sandra.castro@unipamplona.edu.co

Recibido: 01/06/2023
Aceptado: 27/12/2023

Citar así: Castro, S., & Correa, S. A. (2023). Solución de problemas de calidad aplicando la metodología seis sigma. Caso de estudio: proceso productivo de soldadura. Revista Semilleros De Investigación, 6(1), 1–10.

<https://doi.org/10.24054/sei.v6i1.3710>

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).

Agradecimientos: Digite aquí los agradecimientos a las personas o instituciones que permitieron o apoyaron el

Resumen

En la actualidad, las empresas valoran las soluciones sencillas y efectivas que les permitan resolver problemas de manera rápida, eficiente y rentable, al tiempo que se enfocan en su núcleo de negocio y en brindar una experiencia satisfactoria a sus clientes. Por esta razón, una herramienta efectiva para la solución de problemas de calidad en las industrias es la metodología Seis Sigma. En este caso, aplicada a un taller de ornamentación, la metodología Seis Sigma se enfoca desde una perspectiva estratégica para solucionar una problemática específica: el exceso de burbujas que se genera en el metal durante el proceso de soldadura. Para abordar este problema, se analiza el proceso de soldadura con la herramienta SIPOC para identificar la problemática de manera precisa. Se presenta la información recopilada a través de diagramas de causa y efecto y gráficos de control, lo que permite visualizar las causas subyacentes de los excesos y controlar el proceso de soldadura de manera más efectiva. Se desarrolla un plan de mejora basado en una matriz AMFE, en la cual se selecciona la mejor solución para eliminar la problemática. Finalmente, se establecen controles para monitorear y medir el comportamiento de la implementación de la metodología Seis Sigma utilizando indicadores. Como resultado, demuestra una mejora en la calidad del producto y la eficiencia del proceso de

desarrollo de esta investigación.

soldadura.

Palabras clave: Ornamentación, Metodología Seis Sigma, Proceso de soldadura, Calidad.

Abstract

Nowadays, companies value simple and effective solutions that allow them to solve problems quickly, efficiently and profitably, while focusing on their core business and providing a satisfactory experience to their customers. For this reason, an effective tool for solving quality problems in industries is the Six Sigma methodology. In this case, applied to an ornamentation workshop, the Six Sigma methodology is approached from a strategic perspective to solve a specific problem: the excess of bubbles generated in the metal during the welding process. To address this problem, the welding process is analyzed with the SIPOC tool to identify the problem accurately. The information gathered is presented through cause-and-effect diagrams and control charts, which allows visualizing the underlying causes of the excesses and controlling the welding process more effectively. An improvement plan is developed based on an FMEA matrix, in which the best solution to eliminate the problem is selected. Finally, controls are established to monitor and measure the performance of the implementation of the Six Sigma methodology using indicators. As a result, it shows an improvement in the quality of the product and the efficiency of the welding process.

Keywords: Ornamentation, Six Sigma Methodology, Welding process, Quality.

1. INTRODUCCIÓN

En el presente estudio, se investiga la aplicación de la metodología Seis Sigma en una empresa de pequeña escala perteneciente al sector manufacturero de Cúcuta. Este estudio se centra en un taller de ornamentación que se dedica a la fabricación de diversas estructuras metálicas, como portones, rejas, ventanas, puertas, enrejados principales, escaleras y otros trabajos relacionados con hierro y metal.

El objetivo principal es abordar una problemática específica dentro del proceso de soldadura en el taller, que consiste en la presencia de un exceso de burbujas de soldadura en el metal. Para llevar a cabo el estudio, se selecciona como muestra el producto "rejas de seguridad".

El proceso de fabricación de un producto en este taller consta de siete etapas. La primera etapa implica un análisis de las necesidades del cliente, seguida de la toma de medidas y costos en la segunda etapa. La tercera etapa se enfoca en realizar los pedidos de materia prima necesarios para la fabricación del producto. La cuarta etapa se encarga de verificar que los pedidos lleguen correctamente. La quinta etapa, que es de interés particular en este estudio, se refiere al proceso de producción, donde se lleva a cabo el corte, armado, soldadura, pulido y pintura. La sexta etapa involucra la instalación del producto, y finalmente, en la séptima etapa, se realiza un seguimiento y control del servicio al cliente.

Dentro de la quinta etapa, que se centra específicamente en el proceso de soldadura, se observa un exceso de burbujas de soldadura en el metal durante la unión de las partes mediante soldadura por

arco eléctrico. Por lo tanto, se plantea la aplicación de la metodología Seis Sigma como una solución para abordar esta problemática.

1.1. Antecedentes

“La metodología Seis Sigma fue introducida por primera vez en 1987 en la empresa Motorola, bajo la dirección de Bob Galvin, quien era el presidente en ese momento. El propósito principal de su implementación era reducir los posibles defectos en los productos electrónicos. Desde entonces, Seis Sigma ha sido ampliamente adoptada, enriquecida y difundida por numerosas empresas en todo el mundo. Además de Motorola, otras compañías como Allied Signal y General Electric también han aplicado con éxito esta metodología para optimizar sus procesos. Allied Signal inició su programa en 1994, mientras que General Electric lo hizo en 1995. Los presidentes de estas compañías, Larry Bossidy y Jack Welch respectivamente, jugaron un papel fundamental al adoptar el programa en sus organizaciones. (Gutiérrez y de la Vara, 2004, p. 548)”

“Aplicación de Six Sigma para mejorar las características de calidad del Proceso de Soldadura en la empresa Cromoplast S.A.C: Analizando estos antecedentes, el autor siguió la metodología Six Sigma DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) para lograr su objetivo. Una vez definido, estableció el objetivo y lo que se necesitaba para lograrlo, así como la forma de medir el éxito y toda la información relevante. En la medición, cuantifico el tamaño del problema del proceso bajo consideración usando métricas y métricas que definen el éxito del proyecto. En el análisis, identificó problemas de proceso y por qué ocurrieron.

Al mejorar, formuló e implementó soluciones que abordaron las causas fundamentales del problema. En el apartado de control, repitió las mediciones realizadas en Miarka. Además, desarrolló e implementó medidas para sostener las mejoras. Utilice la prueba T del estudiante. Duarte Pantoja, C. (2018). Aplicación de Six Sigma para mejorar las características de calidad del Proceso de Soldadura en la empresa Cromoplast S.A.C, Puente Piedra”

“Desarrollo e implementación de un Modelo Seis Sigma para la mejora de la Calidad y de la productividad en Pymes industriales: el autor presenta una visión general de la filosofía, metodología e implementación del sistema de calidad conocido como Six Sigma, resaltando su adaptabilidad para las pequeñas y medianas empresas. Se destaca que el objetivo principal de Six Sigma es alcanzar una producción sin defectos y superar los estándares de calidad para lograr la satisfacción del cliente. Se menciona que esta filosofía ha demostrado ser exitosa tanto en la industria de servicios como en la de fabricación. El autor también explica la evolución de Six Sigma a nivel global, considerando todos los aspectos y recursos necesarios. Se enfatiza que al tener en cuenta las contribuciones reales, es posible desarrollar y mejorar a pequeña y mediana escala, fomentando una relación favorable con las grandes compañías. Asimismo, se sugiere llevar a cabo investigaciones y revisiones de campo en empresas de la misma industria para determinar su viabilidad en la implementación de Six Sigma y así agregar valor a las pequeñas y medianas empresas, superando las barreras existentes entre las empresas de alta tecnología al comprender y aplicar estos sistemas. Se concluye que la búsqueda continua de la mejora y la implementación adecuada de Six Sigma pueden generar resultados positivos. Ortiz Bohigues, A. (2015). Desarrollo e implementación de un Modelo Seis Sigma para la mejora de la Calidad y de la productividad en Pymes industriales, España”

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Bases teóricas

“Six Sigma es una metodología que busca mejorar y optimizar las organizaciones a través de proyectos confiables y medibles en el tiempo. Se compone de cinco pasos fundamentales: En primer lugar, se debe identificar un problema relacionado con el diseño o la calidad, recopilando suficiente información para comprender las necesidades del cliente. Luego, es importante medir las condiciones del problema, estimando el rendimiento a través del Control Estadístico de Procesos (SPC), basándose en la información proporcionada por el proceso. El siguiente paso consiste en analizar la causa raíz del problema, utilizando métodos estadísticos consistentes, como el diseño experimental, la comparación de hipótesis y el modelo lineal. Una vez identificadas las causas fundamentales, se procede a mejorar las condiciones del proceso, centrándose en la identificación y cuantificación de las variables críticas. Por último, se implementan soluciones adecuadas para cada causa identificada y evaluada, utilizando herramientas como la matriz AMFE. Además, se establecen controles para supervisar y controlar las variables críticas, evitando la recurrencia de problemas de calidad en el futuro. Gómez F, Cifuentes F, Díaz N. (2017). Propuesta de implementación de la Metodología Six Sigma en la empresa GLOBAL LOGISTICS SERVICES LTDA con el fin de mejorar la productividad en un 20% procesos del área de operaciones, Bogotá.”

1.1. Metodología

Se determina la población y la muestra en la cual se basa la aplicación de la metodología.

Tabla 1: Población y Muestra

Población:	Taller de ornamentación de la Ciudad de Cúcuta
Muestra:	Proceso de soldadura, producto: reja de seguridad

Fuente: Elaboración propia

En las 5 etapas de la metodología seis sigma (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), se utilizan diferentes herramientas las cuales son mencionadas a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 2: Metodología y Descripción de actividades

Actividad principal	Proceso	Herramientas
Definir	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diagnostico preliminar para definir la problemática. 2. Identificar las necesidades del cliente y sus prioridades. 3. Proceso de soldadura, proveedores y recursos de materia prima. 	•Diagrama SIPOC.
Medir	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recopilar datos e información. 	<ul style="list-style-type: none"> •Diagrama de causa y efecto •Tablas de datos • Gráficos de control.
Analizar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analizar los datos y la información recopilada. 	
Mejora	<ol style="list-style-type: none"> 1. Determinar y desarrollar una solución que elimine causa raíz del problema. 	• Matriz AMFE
Control	<ol style="list-style-type: none"> 1. Determinar la efectividad en la implementación del modelo 	• Indicadores

Fuente: Elaboración propia

3. RESULTADOS

Definir: El primer paso en el proceso consiste en definir el problema principal a abordar, el cual se

refiere a los excesos de soldadura que se generan en el metal durante el proceso de soldadura. A continuación, se presenta el proceso de soldadura utilizando la tabla SIPOC, la cual describe los elementos clave del proceso.

Tabla 3: SIPOC del proceso de soldadura

S	I	P	O	C
Proveedor	Entrada	Proceso	Salida	Cliente
Cliente	Necesidad del cliente	1. Analizar la necesidad del cliente	Informar al cliente	Diseñar el requerimiento del producto
Administración	Cotización del producto requerido por el cliente	2. Tomar las de medidas y analizar costos	Agendar Solicitud	Costo del producto
Compras	Requerimiento de materiales	3. Pedir los materiales requeridos para la realizar el proceso de soldadura	Inventariar el material	Factura de compra
Logística	Insumos solicitados	4. Verificar el pedido de insumos	Orden de soldar	Centro de contacto
Proveedores de materiales de soldadura	Materiales de soldadura, piezas metálicas, equipos de soldadura	5. Soldar las piezas metálicas	Piezas metálicas soldadas, calidad de las soldaduras	Clientes de productos metálicos soldados

Fuente: Elaboración propia

Medir: Se seleccionan un total de cinco muestras, siendo cada una de ellas compuesta por ocho productos. Estos productos son fabricados de manera manual, lo que implica que la capacidad del proceso del taller de ornamentación es limitada. A pesar de esta limitación, dichas muestras se consideran representativas en el contexto dado.

Tabla 4: Muestras con excesos de burbujas

Cantidad (rejas)	Exceso de burbujas del producto Rejas de Seguridad				
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
1	9	3	10	9	10
2	8	10	5	8	5
3	6	10	9	9	10
4	7	9	10	6	2
5	8	9	10	3	8
6	2	4	5	7	8
7	10	4	7	10	8
8	7	3	2	5	10

Fuente: Elaboración propia

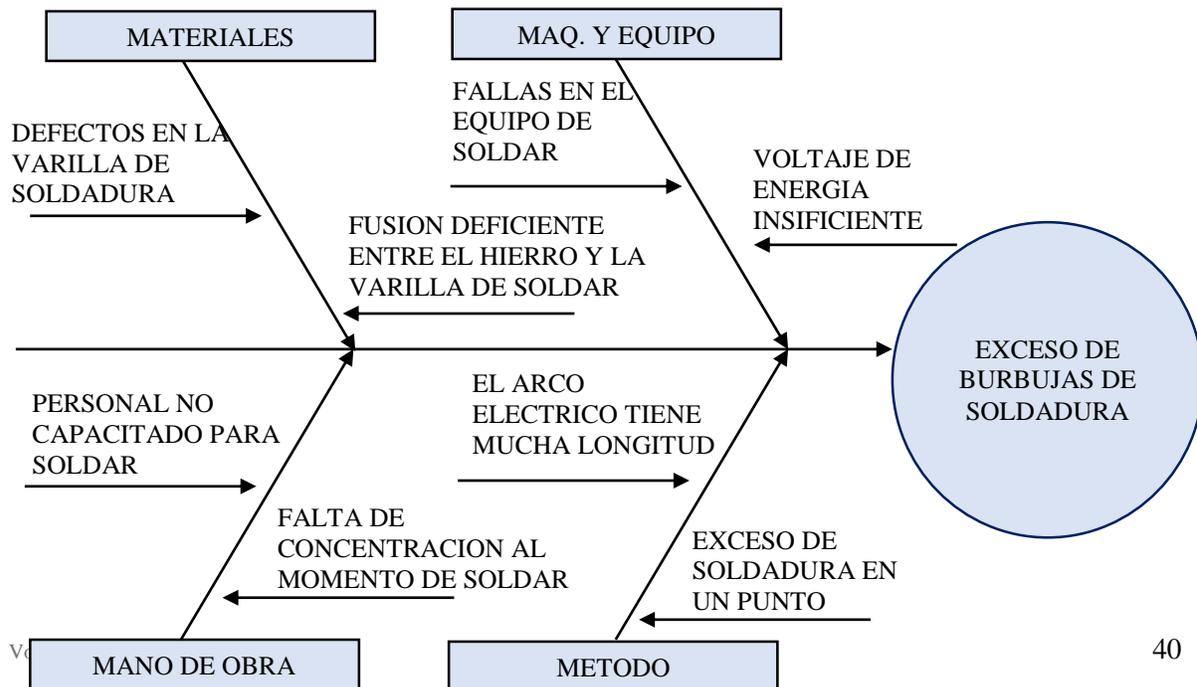


Figura 1: Diagrama Causa y Efecto
Fuente: Elaboración propia

Analizar: En esta fase se procede a realizar un análisis de los datos recopilados de las muestras utilizando gráficos de control, empleando la herramienta de MINITAB. A través de dicho análisis, se determina que, a pesar de la presencia de burbujas en el material metálico, las gráficas exhiben un comportamiento apropiado debido a que los datos se encuentran dentro de los límites máximos y mínimos establecidos. No obstante, es importante destacar que esto no implica que la problemática del exceso de burbujas deba ser ignorada, ya que aún es necesario abordar y resolver dicho problema.

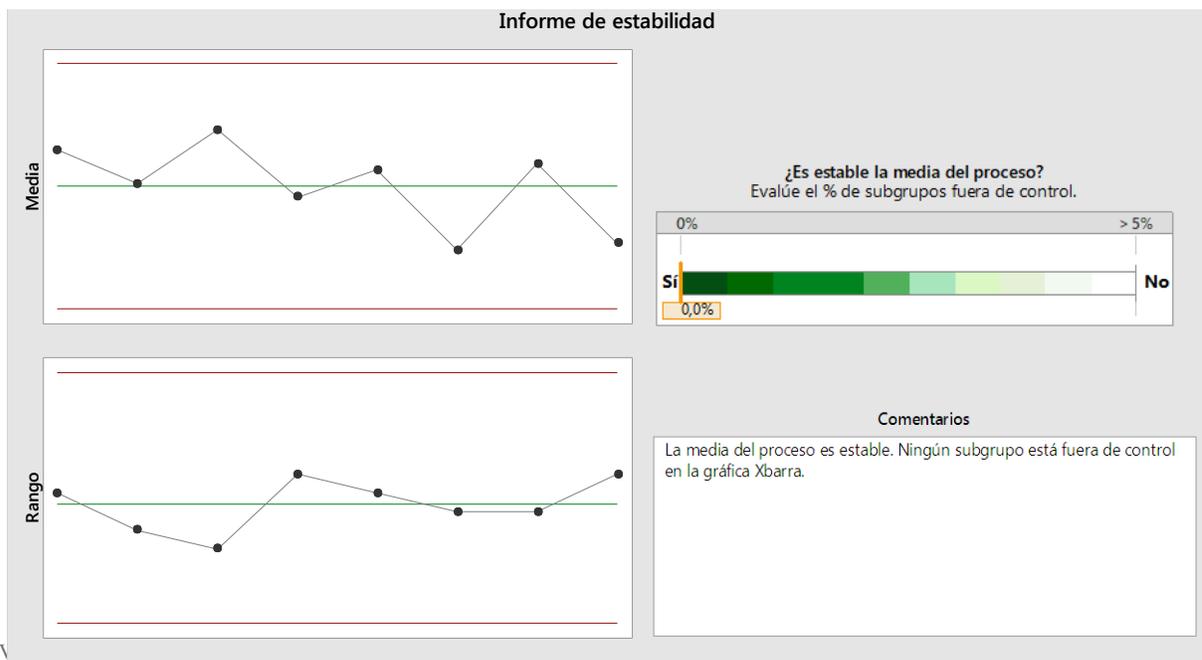
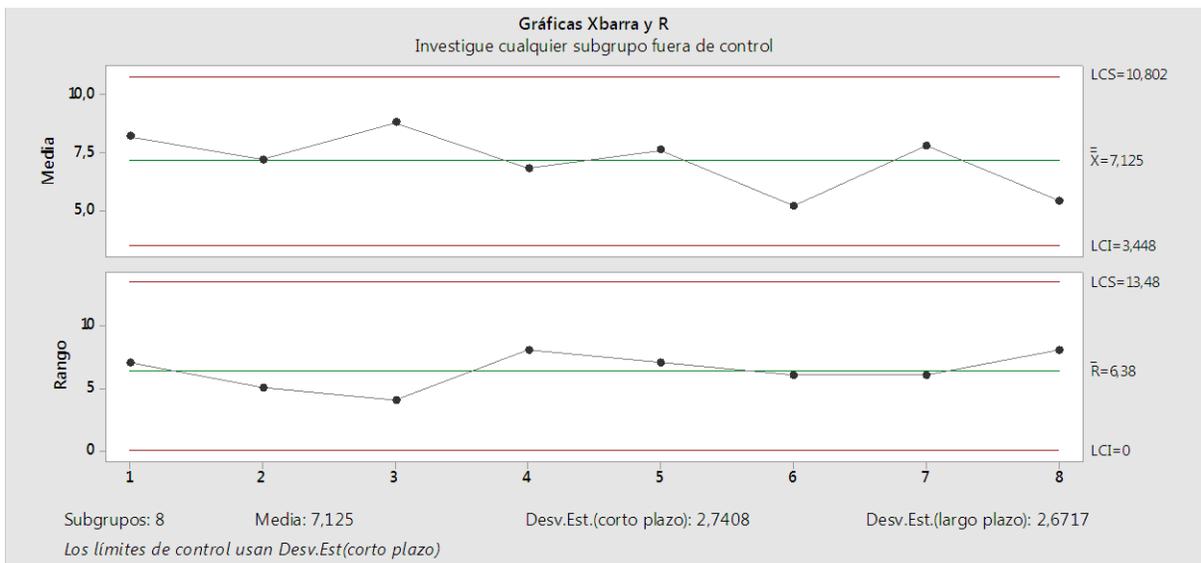


Figura 3: Gráficos de control, Informe de estabilidad
Fuente: Elaboración propia

Mejorar: Se procede a diseñar la resolución correspondiente a la problemática relacionada con la sobreabundancia de burbujas, utilizando la matriz de Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMFE). A través de dicho análisis, se determina que la solución más efectiva en este caso particular implica la implementación de un proceso de pulido. Este procedimiento es capaz de eliminar de manera adecuada todas las burbujas excesivas presentes en el metal, las cuales se generaron durante el proceso de soldadura.

Tabla 5: Matriz AMFE

AMFE							
Elemento / Función	Modo de fallo	Efecto	Gravedad	Ocurrencia	Detección	$NPR = G * O * D$	Acciones propuestas
Describir elemento	Describir modo de fallo	Describir efecto	1 a 10	1 a 10	1 a 10	1 a 1000	Proponer acción de mejora si sale un NPR alto
Acabados	No existe un proceso de pulido	Producto visualmente defectuoso, filos cortantes y accidentes	10	10	1	100	Agregar el proceso de pulido al proceso de producción, precedente al proceso de soldadura

Fuente: Elaboración propia

Controlar: Se lleva a cabo una evaluación de las mejoras implementadas. Dicha evaluación se realiza a través de indicadores que están específicamente aplicados a la eficacia del proceso de soldadura.

Tabla 6: Indicador de efectividad del proceso de soldadura

Objetivo	Frecuencia	Fórmula	Meta
Medir la efectividad del proceso productivo de soldadura	Cada vez que se termine el proceso de soldadura	$\left(\frac{\text{Área de cantidad de burbujas}}{\text{Área total del producto}}\right) * 100$	<5%
Resultados de la efectividad del indicador			
$\left(\frac{0,029 \text{ m}^2}{2,5 \text{ m}^2}\right) * 100 = 1,16\% < 5\%$		$\left(\frac{0,038 \text{ m}^2}{2,5 \text{ m}^2}\right) * 100 = 1,52\% < 5\%$	

Fuente: Elaboración propia

4. CONCLUSIONES Y DISCUSIONES

La implementación de la metodología Seis Sigma en un taller de ornamentación puede ser altamente beneficiosa para resolver el problema del exceso de burbujas en el proceso de soldadura del metal. Para llevar a cabo esta implementación de manera efectiva, se requieren recursos adecuados, como tiempo, personal capacitado y herramientas de análisis de datos. Es fundamental asegurarse de que el taller cuente con estos recursos necesarios.

El respaldo y compromiso de la Alta dirección son elementos clave para el éxito del proyecto. La alta dirección debe respaldar la iniciativa, asignar los recursos necesarios y fomentar una cultura de mejora continua en la organización. Es importante tener expectativas realistas sobre el tiempo necesario para lograr mejoras significativas en el proceso de soldadura y reducir el exceso de burbujas.

La metodología Seis Sigma ofrece un enfoque sistemático y efectivo para resolver problemas en el proceso de soldadura en la industria manufacturera de la ornamentación. Su aplicación puede generar beneficios significativos en términos de calidad del producto, eficiencia del proceso y satisfacción del cliente. Al adoptar esta metodología, las empresas pueden destacarse en un mercado competitivo y obtener una ventaja sostenible en la industria de la ornamentación.

En la ciudad de Cúcuta, donde hay una buena cantidad de talleres de ornamentación, este artículo puede servir como referencia para futuras investigaciones relacionadas, ya que existe poca información similar o relevante sobre el tema analizado. Como recomendación, se sugiere adoptar un enfoque multidisciplinario y formar un equipo que incluya expertos en soldadura, metalurgia, calidad y otros campos relevantes. Esto permitirá abordar el problema de las burbujas desde diferentes perspectivas y aprovechar el conocimiento y la experiencia de cada miembro del equipo. Además, se sugiere realizar una toma de datos enfocada en los puntos de soldadura requeridos para el producto, con el fin de obtener una cantidad representativa de datos según el caso específico.

REFERENCIAS

- [1]. L.E.Mendoza. (2016). Guía para autores. Universidad de Pamplona, 39(2), 22-23.
- [2]. Arcila Zuluaga, P. (2016). Aplicación de la metodología six sigma para solucionar problemas de calidad en una empresa metalmecánica, tesis de grado, Antioquia, UDM, Medellín.
- [3]. Mantilla Celis, O. L., & Sánchez García, J. M. (2012). Modelo tecnológico para el desarrollo de proyectos logísticos usando Lean Six Sigma. *Estudios Gerenciales*, 28(124), 23-43.
- [4]. Gutiérrez, H., & R., D. I. (2004). Control estadístico de la calidad y Seis Sigma (1ª edición ed.). México: McGraw-Hill.
- [5]. Peter S. Pande, R. P. (2004). LAS CLAVES PRACTICAS DE SEIS SIGMA. Madrid, España: McGraw - Hill.
- [6]. Rojas, A. R.-F. (2006). CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS. Universidad Pontificia de Comillas, Madrid.
- [7]. 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.
- [8]. Castro-Escobar, S. M., Jaimes-Cerveleón, L., Peñaranda-Ayala, Z., & Nieto-Sánchez, Z. (2021). Seis sigma para la solución de problemas de la calidad. Caso de estudio proceso de envasado de café molido. *Mundo FESC*, 11(s4), 170-189. Recuperado a partir de <https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/mundofesc/article/view/953>
- [9]. Albert, E. N., Soler, V. G., & Molina, A. I. P. (2017). Metodología e implementación de Six Sigma. *3C Empresa: investigación y pensamiento crítico*, (1), 73-80.
- [10]. Pérez, J. F. R., Torres, V. G. L., Castillo, S. A. H., & Valdés, M. M. (2021). Lean Six Sigma e Industria 4.0, una revisión desde la administración de operaciones para la mejora continua de las organizaciones. *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*. ISSN 2602-8166, 5(4), 151-168.

- [11]. 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.
- [12]. López, G. (2001). Metodología six-sigma: calidad industrial. Artículo consultado en EBSCO, Baja California, México, Investigador del instituto de Ingeniería, UABC.
- [13]. García Camús, J. M. (2015). Lean Six Sigma Startup Methodology (L6SSM): una metodología general de innovación de la calidad aplicada a los sectores de la producción y servicios.
- [14]. Hernández, J. B., Lopera, L. M. B., & Carreño, J. C. M. (2016). Six sigma como herramienta de mejoramiento continuo: Caso de estudio. *Revista ESPACIOS* | Vol. 37 (Nº 09) Año 2016.
- [15]. Felizzola Jiménez, H., & Luna Amaya, C. (2014). Lean Six Sigma in small and medium enterprises: a methodological approach.
- [16]. Zapata, C. B. R., Paredes, L. E., & Rojo, C. M. (2017). Metodología DMAIC-SIX SIGMA para aumentar la productividad del área de producto terminado de la empresa Pesquera Artesanal de Chimbote, 2016. *INGnosis*, 3(1), 114-129.
- [17]. Luis, S., Garcia, L., & Villarreal, F. (2014). Six sigma: factores y conceptos claves. *Revista De La Escuela De Perfeccionamiento En Investigación Operativa*, 22(36), 100-113.
- [18]. 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.
- [19]. Duarte Pantoja, C. (2018). Aplicación de Six Sigma para mejorar las características de calidad del Proceso de Soldadura en la empresa Cromoplast SAC-Puente Piedra, 2018.
- [20]. García Aquino, R. L. (2019). Mejora de la productividad en el proceso de soldadura mediante la metodología Seis Sigma en la empresa Fortaleza SRL, Talara, 2018.
- [21]. Santiago, K. R., & Rios, C. E. U. (2020). Metodología para desarrollar procesos óptimos de soldadura de materiales termoplásticos (EVA Y EVA/EVOH) usando el sistema de soldaduras de alta frecuencia (HF). *Project Design and Management*, 5(1).
- [22]. Pereda Quispe, J. V. (2018). La aplicación de la metodología six sigma para mejorar la productividad en el área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA SAC., Lima, 2018.
- [23]. Granda Gayoso, O. A. (2006). Propuesta de mejora en la producción de electrodos de soldadura industrial utilizando metodología Six-sigma.
- [24]. Cuenca Sánchez, L. (2011). Guía metodológica para la realización de los laboratorios del tema de soldadura en la asignatura Procesos Tecnológicos II (Doctoral dissertation, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica).
- [25]. León Parra, C. L. (2017). " Disminución de Procesos en la Fabricación de Productos Soldados en una Empresa del Sector Metalmeccánico del País" (Master's thesis, Espol).