

REDISEÑO DE POKA-YOKE PARA MEJORAR PRODUCCIÓN EN CAJONERAS DE TOCADORES EN MUEBLES INDUSTRIA NUEVA PURUÁNDIRO

Cristian Alexis Villegas Bedolla¹, Lilian de Lourdes García Duarte²,
Lizeth Medina Magaña³, Oscar Pérez Andrade⁴

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Recibido: 08/05/2024 Aceptado: 23/05/2024

Resumen.- En este estudio, se emprende una búsqueda de la perfección operativa, focalizada en la fase crítica de ensamblaje de los rieles de la cajonera de los tocadores en la fábrica Industria Nueva Puruándiro. Conscientes de los desafíos previos y la necesidad de mejorar la calidad del producto final, se adopta un enfoque innovador mediante la implementación de un sistema Poka-Yoke. Este sistema, meticulosamente diseñado y confeccionado con tecnología láser en una plantilla de madera MDF, se enfoca en agilizar la instalación de los rieles en el Tocado Normal, reduciendo así los errores y optimizando la eficiencia del proceso. Los objetivos específicos delineados abordan con precisión los puntos críticos del proceso de ensamblaje, buscando no solo minimizar errores y reducir los tiempos de ciclo, sino también garantizar mejoras sostenibles a través de una evaluación continua. El resultado final es un logro tangible: el dispositivo Poka-Yoke implementado durante el ensamblaje del mueble logra reducir drásticamente los tiempos de instalación de los rieles, aumentando la productividad en más del 200%. Esta transformación ejemplifica cómo la innovación y el enfoque en la calidad pueden impulsar una mejora significativa en los procesos de producción, allanando el camino hacia la excelencia operativa y la competitividad sostenible.

Palabras Clave: Poka-Yoke, rediseño, reingeniería, procesos, eficiencia.

POKA-YOKE REDESIGN TO ENHANCE DRESSER DRAWER PRODUCTION AT INDUSTRIA NUEVA PURUÁNDIRO FURNITURE

Abstract.- In this study, a quest for operational perfection is undertaken, focusing on the critical assembly phase of the drawer rails in the dressing tables at the Industria Nueva Puruándiro factory. Aware of past challenges and the need to enhance the quality of the final product, an innovative approach is adopted through the implementation of a Poka-Yoke system. This system, meticulously designed and crafted with laser technology on an MDF wooden template, aims to streamline the installation of rails on the Normal Dresser, thereby reducing errors and optimizing process efficiency. The specific objectives outlined precisely address the critical points of the assembly process, aiming not only to minimize errors and reduce cycle times but also to ensure sustainable improvements through continuous evaluation. The end result is a tangible achievement: the Poka-Yoke device implemented during furniture assembly dramatically reduces rail installation times, increasing productivity by over 200%. This transformation exemplifies how innovation and a focus on quality can drive significant improvements in production processes, paving the way for operational excellence and sustainable competitiveness.

Keywords: Poka-Yoke, redesign, reengineering, processes, efficiency.

Introducción

En un mundo donde la excelencia operativa es la meta perenne, los caminos hacia la eficiencia se entretajan con las voces sabias de los maestros del mejoramiento continuo. Como en un coro de conocimientos, desde la reflexión de Barrios (2017) sobre la ciencia y técnica administrativa hasta el canto de George (2002) sobre la fusión entre la calidad de Six Sigma y la velocidad de Lean, cada autor añade una nota única a la sinfonía del progreso organizacional.

¹ Maestro en Calidad para la Productividad. Docente del Tecnológico Nacional de México Campus Puruándiro, adscrito a la academia de Ingeniería Industrial. <https://orcid.org/0009-0004-8694-9061> cristian.villegas@puruandiro.tecnm.mx (**Autor correspondiente**).

² Maestra en Ciencias. Docente del Tecnológico Nacional de México Campus Puruándiro, adscrito a la academia de Ingeniería Industrial. <https://orcid.org/0009-0003-0940-4060> lilian.garcia@puruandiro.tecnm.mx

³ Estudiante de sexto semestre del Tecnológico Nacional de México Campus Puruándiro, del programa educativo de Ingeniería Industrial. <https://orcid.org/0009-0002-2334-9427> mlizeth829@gmail.com

⁴ Estudiante de sexto semestre del Tecnológico Nacional de México Campus Puruándiro, del programa educativo de Ingeniería Industrial. <https://orcid.org/0009-0004-9175-5202> perandoscar@gmail.com

Desde México, Cabrera (2015) nos guía por el camino de Lean Six Sigma TOC Simplificado, mientras que en San Luis Potosí, Colunga y Saldierna (1994) desentrañan los secretos de los costos de calidad. No podemos olvidar a Gutiérrez (2005), quien desde la capital mexicana nos sumerge en el mar de la Calidad Total y la Productividad, ni a los defensores del PDCA y el poka-yoke, como PDCA (2017) y Soto (2011), quienes nos recuerdan la importancia de la planificación, ejecución y corrección en el camino hacia la perfección operativa.

Pérez, Morales, Anguera y Hernández (2015) nos invitan a explorar la calidad de servicio emocional en organizaciones deportivas, mientras que Rodríguez (2005) nos ofrece una brújula metodológica para navegar por las aguas turbulentas de la investigación.

Finalmente, Sosa (2002) nos equipa con las herramientas necesarias para el viaje hacia la mejora continua, recordándonos que el camino hacia la excelencia está pavimentado con el compromiso inquebrantable con la innovación y la perfección. En este relato polifónico, cada voz es un faro que ilumina el horizonte de la eficiencia empresarial.

La fábrica de muebles “Industria Nueva Puruándiro” se enfrenta a un desafío crítico en la fase de ensamblaje de los rieles de la cajonera de los tocadores, donde incluso los más mínimos errores pueden tener un impacto significativo en la calidad del producto final.

La importancia de esta investigación radica en la necesidad de mejorar la calidad del producto final, así como en la optimización de los procesos de producción en una industria competitiva y en constante evolución. La fase de ensamblaje de los rieles de la cajonera de los tocadores es crucial para asegurar la satisfacción del cliente y la reputación de la empresa en el mercado. Los errores en esta etapa no solo impactan la apariencia estética del mueble, sino también su funcionalidad y durabilidad, lo que puede resultar en reprocesos costosos y pérdida de recursos valiosos.

El rediseño e implementación de un sistema Poka-Yoke efectivo y confiable se presenta como una solución clave para abordar este problema. El objetivo general de esta investigación es mejorar la eficiencia operativa, reducir los tiempos de ciclo y elevar la calidad del producto final, centrándose especialmente en la minimización de desniveles en los tocadores. Para lograr este objetivo, se plantean objetivos específicos, como diseñar un sistema Poka-Yoke que reduzca los errores en el ensamblaje de los rieles de cajonera, implementar este sistema para agilizar el proceso de ensamblaje y evaluar su efectividad para garantizar una mejora sostenible en la calidad del producto final.

La hipótesis de esta investigación postula que la implementación exitosa de un sistema Poka-Yoke en el proceso de ensamblaje de los rieles de cajonera reducirá los tiempos de ciclo y los errores, mejorando así la calidad y eficiencia en la producción de tocadores en la fábrica de muebles Industria Nueva de Puruándiro.

En última instancia, esta investigación no solo busca resolver un problema específico en la fabricación de mobiliario, sino también contribuir al conocimiento y la experiencia en la implementación de sistemas Poka-Yoke en contextos industriales específicos, lo que podría beneficiar tanto a la empresa como a la comunidad de fabricantes de mobiliario en general.

Marco teórico

Poka Yoke

La expresión Poka Yoke, según lo señalado por Hernández (2017), se origina en dos vocablos japoneses: Poka (prevenir) y Yokeru (error no intencionado). Su significado podría entenderse como una práctica o labor destinada a prevenir errores no deliberados. Esta metodología fue concebida por el ingeniero Shigeo Shingo durante la década de 1960, en el marco del sistema de producción Toyota TPS.

El Poka-Yoke, según el autor Shimbun (1989), se destaca como una técnica esencial para prevenir errores humanos en el trabajo. Se considera una herramienta preventiva dentro de la filosofía Lean, y como señala Misiurek (2016), se centra en identificar y eliminar las causas de variaciones en el proceso que podrían dar lugar a defectos.

Además, de acuerdo con Saurin (2012) y otros, el Poka-Yoke se presenta como un sistema o dispositivo diseñado para prevenir y detectar anomalías que puedan afectar tanto la calidad del producto como la seguridad de los operadores. Estos sistemas pueden adoptar diversas formas, incluyendo barreras físicas, funcionales o simbólicas, y contribuyen a la estabilización y reducción de la variabilidad en los procesos.

Tipos de Poka Yoke

Según Leroy (2018), se identifican cuatro categorías de Poka Yoke, que son las siguientes: Poka-yokes físicos, Poka-yokes secuenciales, Poka-yokes de agrupamiento y Poka-yokes de información. En el contexto de este caso de estudio, se aplicará un enfoque de Poka Yoke físico, que implica la implementación de dispositivos o mecanismos diseñados para garantizar la prevención de errores en operaciones y productos al detectar posibles inconsistencias de índole física.

Además, como lo comenta Socconini (2014) existen 6 niveles de Poka Yoke: compartir información, estándares visibles, estándares en el lugar de trabajo, advertir sobre anomalías, detectar anomalías y prevenir anomalías. Cada nivel aborda la prevención de errores de manera progresiva en el proceso.

También un Poka-Yoke, como destacan Fisher y Robinson (1999) abarca un amplio espectro de conceptos, aplicaciones de mecanismos simples, metodologías y dispositivos de control. Su propósito fundamental es prevenir, detectar, eliminar y corregir los errores en su origen, garantizando que ningún defecto alcance al cliente final. En su esencia, el Poka-Yoke constituye una salvaguardia integral de la calidad en la producción.

Beneficios de un Poka Yoke

Almazan, Osuna, Valdez, & Cotilla (2008) destacan que algunos de los beneficios son cuando se evitan errores, se reduce el desperdicio y el proceso opera continuamente, refuerza procedimientos operacionales o secuenciales, asegura la calidad en la fuente no en el resultado, elimina las decisiones que llevan a las acciones incorrectas.

Según González y Jimeno (2012), este sistema es claro y efectivo al eliminar el riesgo de errores en actividades repetitivas o donde los operarios pueden equivocarse. Esto permite que el trabajador se enfoque en tareas más valiosas en lugar de dedicar esfuerzos a prevenir o corregir errores. La implementación de Poka-Yoke mejora la calidad desde el origen, evita correcciones y controles posteriores, y estos sistemas son simples y económicos.

Además, de acuerdo con Hernández, Gómez, Mejía, Vargas y Guaderrama (2018), los sistemas Poka-Yoke requieren realizar una inspección exhaustiva del 100%, junto con proporcionar retroalimentación tanto al operador como a los auditores. Esto también implica tomar medidas inmediatas en caso de que ocurran defectos o errores.

Desafíos en la producción de muebles

En la actualidad, la fabricación de muebles de madera enfrenta desafíos críticos relacionados con la posibilidad de errores en diversas etapas del proceso de producción. Estos errores no solo afectan la calidad del producto final, sino que también generan inconsistencias entre muebles, creando variaciones no deseadas.

La necesidad de asegurar uniformidad y calidad en la producción de muebles es evidente. Casado & Castro (2020) proponen que los sistemas Poka-Yoke ofrecen una solución prometedora al prevenir errores y garantizar consistencia en la fabricación de muebles de madera. Sin embargo, la búsqueda constante de calidad y uniformidad en cada pieza se ve obstaculizada por variaciones inherentes a los procesos de producción, desde el corte de la madera hasta el ensamblaje final. Estas variaciones pueden afectar la estética, funcionalidad y percepción del cliente, además de representar riesgos de errores costosos y pérdida de tiempo. En consecuencia, abordar los desafíos de mantener altos estándares de calidad es crucial para el éxito en la industria de muebles de madera.

Ergonomía en el diseño de muebles

La ergonomía como lo dice Siqueira (2016) es una ciencia multidisciplinar que estudia las capacidades del ser humano, analizando aquellas características que afectan al diseño de bienes por él utilizados o a la manera en que desarrolla sus actividades, mediante la aplicación de conocimientos asociados a la Psicología, la Fisiología, la Ingeniería o la Biomecánica.

En la industria de fabricación de muebles, la ergonomía se ha vuelto crucial para el diseño y la producción de mobiliario. El énfasis en la estética, funcionalidad y comodidad ha renovado el interés en la ergonomía. La comodidad y la facilidad de uso son consideraciones clave, ya que los muebles desempeñan un papel esencial en la vida diaria. Cruz & Garnica (2011) señalan que la ergonomía es esencial para abordar el desafío de diseñar muebles que se adapten eficazmente a las necesidades y características de los usuarios, garantizando al mismo tiempo la salud y el bienestar.

Ocaña (2021) destaca la influencia positiva de la ergonomía en el diseño de muebles, resaltando su importancia para crear productos funcionales y cómodos, lo que contribuye a la calidad y satisfacción del cliente en la industria del mobiliario.

Reingeniería

Reingeniería es el concepto actual que se le da a los cambios drásticos que sufre una organización al ser reestructurados sus procesos. La base de la reingeniería es el servicio al cliente; describe un modelo de negocios, un conjunto correspondiente de técnicas que los ejecutivos y los gerentes tendrán que emplear para reinventar sus compañías, a fin de competir en un mundo nuevo, así lo menciona Hammer (1994).

Morris y Brandon (1994) postulan que la reingeniería implica el replanteamiento fundamental y el rediseño de los procesos empresariales con el objetivo de alcanzar mejoras sustanciales en diversas métricas de rendimiento, tales como costos, calidad, servicios y rapidez. Este enfoque busca optimizar los flujos de trabajo y aumentar la productividad de la organización.

Para Alfaro (2023) el rediseño de un proceso de negocio o el cambio completo de un proceso existente es reingeniería. Este enfoque representa un nuevo comienzo y conlleva un cambio arriesgado. Asimismo, el proceso de rediseño implica renunciar a métodos o conocimientos previamente establecidos, buscando la creación de un trabajo que genere valor para los clientes. En este contexto, la reingeniería también implica la reorganización de las empresas en torno a procesos eficientes y centrados en las necesidades del cliente.

Reingeniería en procesos

La reingeniería de procesos es una herramienta administrativa la cual consiste en estudiar los procesos productivos de organizaciones de cualquier sector. Pérez, Gisbert, Pérez (2017) dicen que, a través de esto, se pueden rediseñar procesos productivos realizando modificaciones en dichos procesos, los cuales van a repercutir en el rendimiento medio de costes, tiempo de ciclo, calidad del servicio y calidad del producto.

Según Zaratiegui (1999) la reingeniería, al triunfar, implica un gran avance equivalente a años de progreso gradual, superando a veces las mejoras paso a paso. Esto conlleva riesgos que deben ser compensados por los beneficios esperados. Por lo tanto, es esencial que los proyectos de reingeniería estén impulsados por las demandas del mercado y los clientes, quienes ya no se conforman con características similares ofrecidas por competidores, sino que exigen iniciativas innovadoras y atractivas.

Rafoso y Artiles (2011) también indican que la reingeniería de procesos representa una solución fundamental que implica la completa reinversión de los procesos, en lugar de simplemente mejorarlos o reestructurarlos. De esta manera, se destaca que esta práctica puede conferir a las organizaciones una significativa ventaja competitiva.

Pérez Canto (s.f.) enfatiza en su trabajo el enfoque basado en procesos como una metodología fundamental para la gestión de la calidad y la reingeniería. Esta perspectiva permite identificar, comprender y mejorar los procesos dentro de una organización.

Finalmente, Sharman (s.f.) destaca el papel del análisis económico y de desempeño en la reingeniería de procesos, subrayando la importancia de considerar factores económicos y de rendimiento al implementar cambios en los procesos organizacionales.

Gestión de calidad en los procesos

Según Nogueira Rivera y Medina León (2004), los fundamentos para el control de la gestión empresarial son esenciales para el éxito organizacional.

Rojas Moya (2007) aborda la gestión por procesos y la atención al usuario en el contexto de establecimientos del Sistema Nacional de Salud, lo que brinda una perspectiva específica sobre la aplicación de estos conceptos en el sector de la salud.

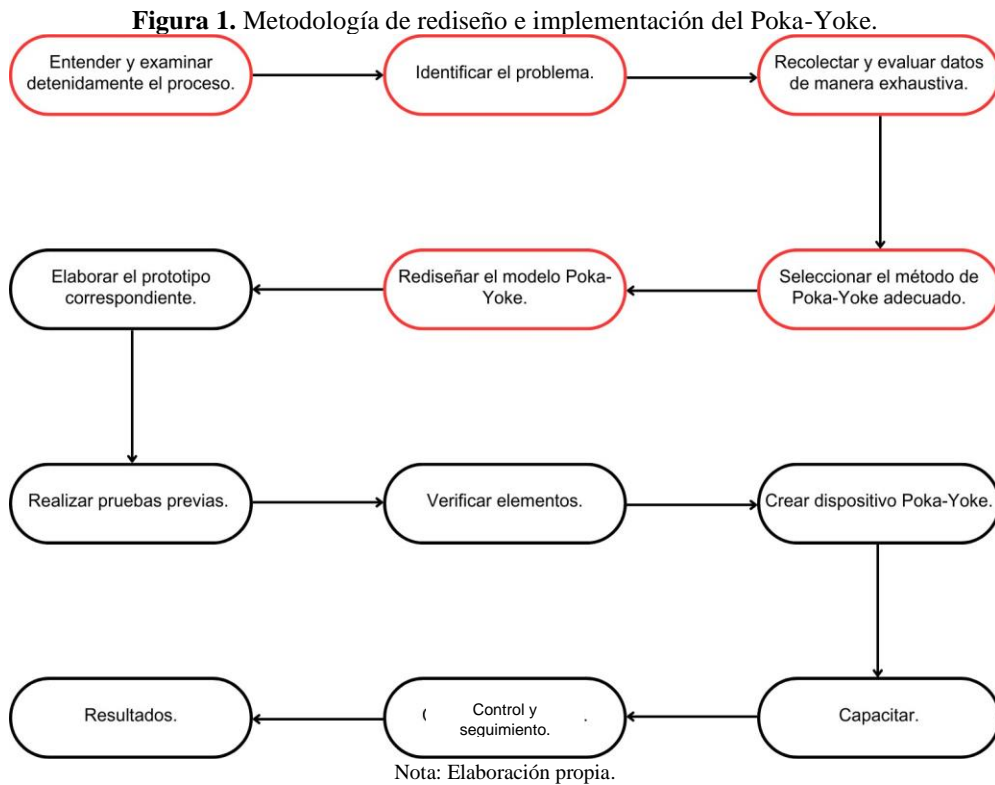
Materiales y métodos

La presente investigación representa un esfuerzo significativo en la reevaluación y rediseño de un sistema crucial, abordado con un enfoque práctico y aplicado en el terreno mismo. La colaboración estrecha con la fábrica de muebles

Industria Nueva de Puruándiro ha sido fundamental en este proceso, ya que ha permitido un análisis profundo de los procesos existentes con el fin de detectar áreas de mejora concretas.

La metodología empleada para el rediseño del dispositivo Poka-Yoke se ha detallado minuciosamente en la Figura 1, proporcionando una visualización gráfica exhaustiva del proceso llevado a cabo en el desarrollo de este componente crucial. Esta representación gráfica no solo ofrece una comprensión clara de las etapas y acciones emprendidas en la implementación del sistema Poka-Yoke, sino que también brinda una guía práctica para aquellos involucrados en su ejecución.

El enfoque adoptado no solo ha permitido una comprensión más clara y completa de las diversas etapas del proceso de rediseño, sino que también ha facilitado la identificación de áreas específicas de mejora dentro del contexto único de la fábrica de muebles mencionada. Este método holístico no solo mejora la eficiencia y la efectividad del proceso de rediseño, sino que también promueve una implementación más fluida y exitosa del sistema Poka-Yoke en el entorno operativo real de la empresa.



Desarrollo metodológico

Entender y examinar detenidamente el proceso.

Durante la etapa inicial, se visitó la fábrica de muebles Industria Nueva de Puruándiro con el propósito de familiarizarse con el proceso de producción de un “Tocador Normal”. Se exhibe en la Figura 2 proporcionada por Industria Nueva, el mueble ya terminado.

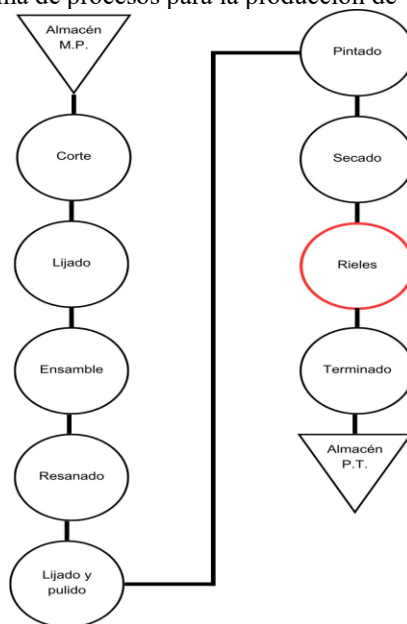
Se tiene el diagrama de procesos para la producción de “Tocador Normal” el cual proporcionará una visión clara de la secuencia de actividades y señalará el punto específico donde la implementación del dispositivo optimizará la eficiencia y la precisión en el ensamblaje de los rieles de la cajonera.

Figura 2. Imagen de mueble tipo “Tocador Normal” terminado.



Nota: Elaboración propia.

Figura 3. Diagrama de procesos para la producción de “Tocador Normal”.



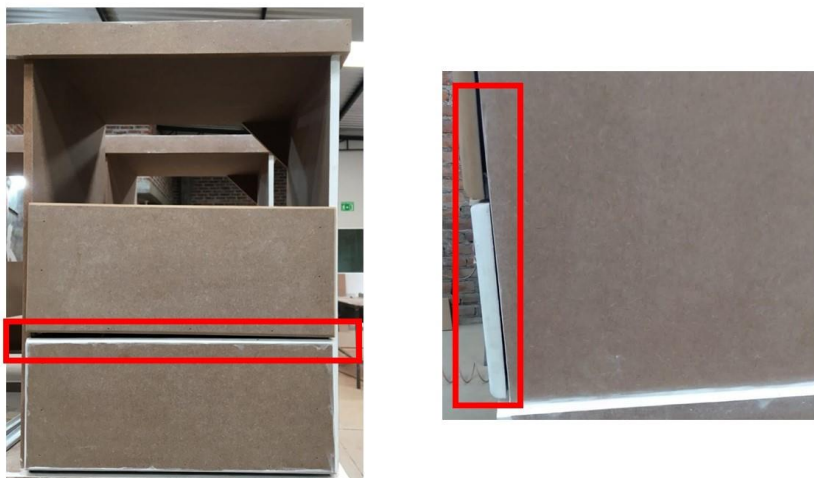
Nota: Elaboración propia.

Identificar el problema.

Tras un análisis exhaustivo del proceso de fabricación de un "tocador normal", específicamente en la etapa de instalación de los rieles para la cajonera, se identificó una problemática significativa en términos de eficiencia (considerando el tiempo al momento de instalar) y precisión (para cuando se tienen instalados y presentan deficiencias).

La instalación manual de los tres rieles de cada lado, seis en total, conlleva desafíos considerables. La medición de distancias exactas y la fijación de los rieles sin ningún tipo de soporte resulta en una pérdida considerable de tiempo. Esta tarea no solo es laboriosa, sino que también presenta dificultades para asegurar la alineación precisa en cada ocasión, generando inconsistencias en la calidad del producto final.

Figura 4. Desniveles presentados en los cajones.



Nota: Elaboración propia.

Este reconocimiento del problema sienta las bases para la implementación de un dispositivo Poka-Yoke que optimice y simplifique el proceso de instalación de rieles, abordando tanto la eficiencia como la precisión.

Figura 5. Mueble en su etapa de rieles.



Nota: Elaboración propia.

Figura 6. Instalación de rieles sin algún dispositivo.



Nota: Elaboración propia.

Dada la naturaleza de este proyecto como un remodelado del Poka-Yoke, es imperativo realizar nuevas mediciones y un rediseño exhaustivo. Las lecciones aprendidas del diseño anterior resaltan la necesidad de una aproximación más precisa. La toma de medidas frescas y un rediseño es fundamental para rectificar las deficiencias anteriores, asegurando que el Poka-Yoke mejorado se alinee perfectamente con el proceso de instalación de rieles en la cajonera del "tocador nuevo".

Figura 7. Prototipo de Poka Yoke entregado anteriormente.

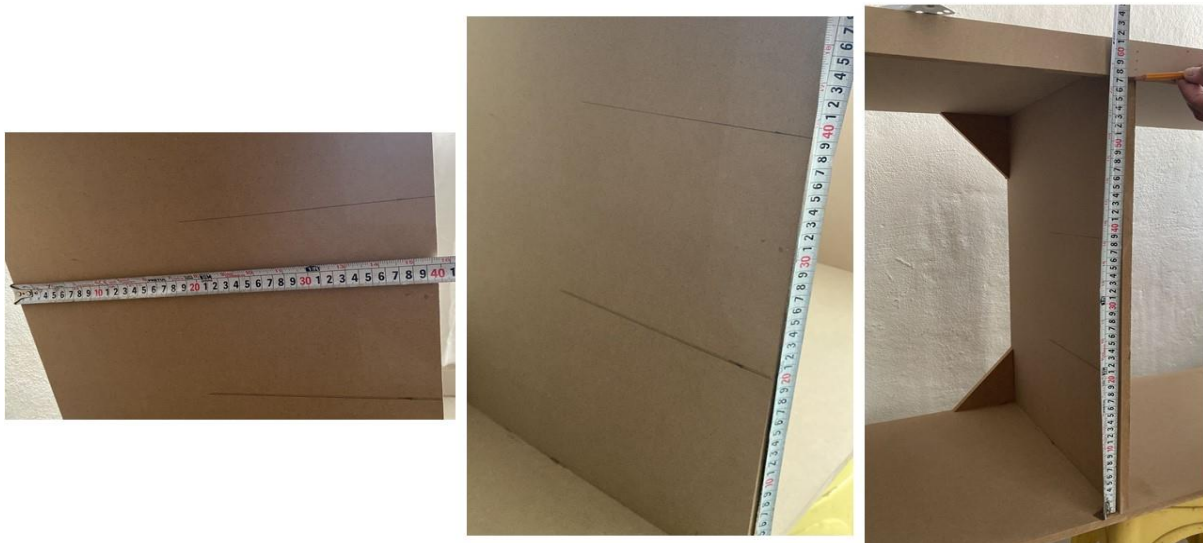


Nota: Elaboración propia.

Recolectar y evaluar datos de manera exhaustiva.

Se llevó a cabo una visita a las instalaciones de Industria Nueva, durante la cual se realizaron mediciones precisas en el mueble "tocador nuevo". Específicamente, se midieron con exactitud las distancias y ubicaciones donde deben ser instalados los rieles, asegurando una comprensión integral de las dimensiones clave para el proceso de fabricación, como se observa en la Figura 8.

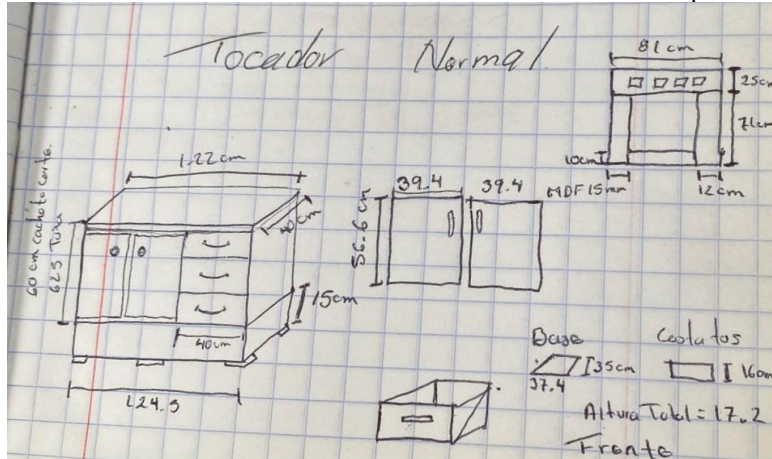
Figura 8. Imágenes donde se toman las medidas de la cara lateral interior.



Nota: Elaboración propia.

Así mismo se tuvo acceso al boceto (Figura 9) detallado que la fábrica utiliza como referencia para la fabricación del "tocador normal". Este boceto proporcionó medidas exactas de todos los elementos que componen el tocador, permitiendo una comprensión profunda de las especificaciones necesarias para la instalación de los rieles.

Figura 9. Boceto utilizado en la fabricación de “tocador normal” utilizado por industria nueva.

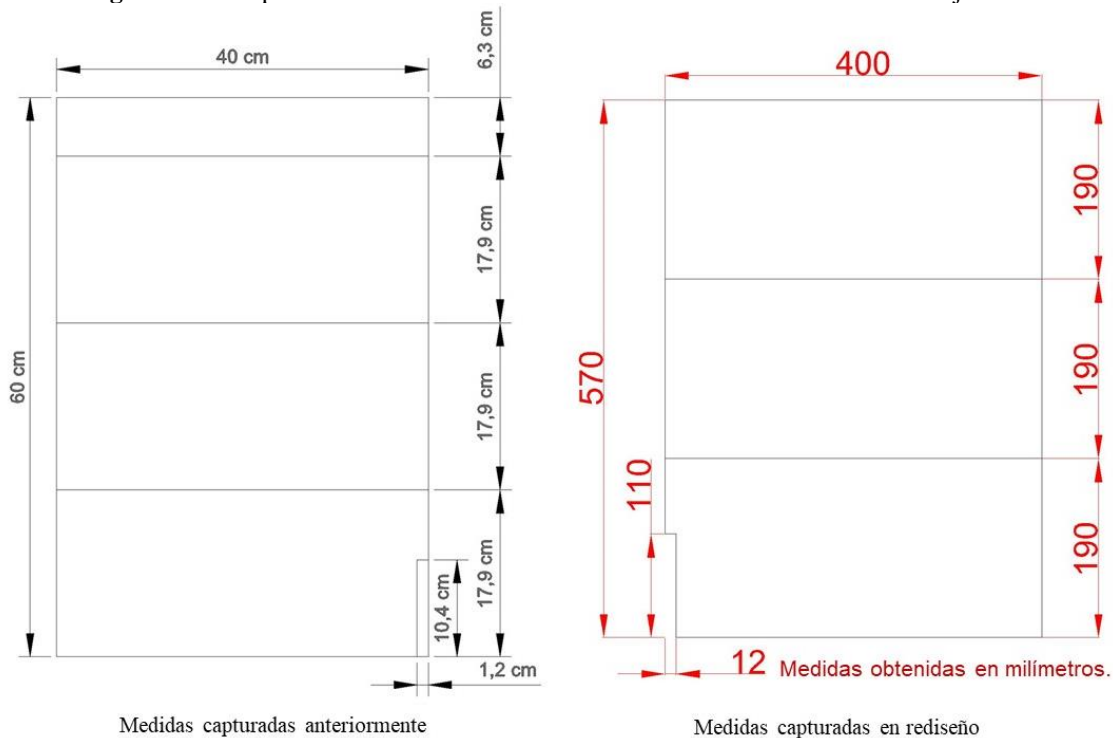


Nota: Elaboración propia.

La evidencia visual proporciona una comparación gráfica entre las medidas previas y las actuales, centrándose específicamente en las dimensiones de la cara interior de la base del tocador, donde se ubican los rieles. Esta representación visual detallada destaca de manera clara las mejoras dimensionales logradas mediante el rediseño del Poka-Yoke. Este análisis cuantitativo, centrado en las medidas cruciales para la colocación de rieles, respalda de manera sólida la eficacia y la necesidad del proceso de rediseño implementado en términos de optimización de la precisión en la instalación.

La medición del tiempo reveló que el proceso de instalación sin asistencia en promedio fue de 17:02 minutos. En específico, el primer riel demandó 4:44 minutos, el segundo 6:06 minutos y el tercero 6:12 minutos. Es importante señalar que esta medición corresponde a una sola cara lateral; por ende, es necesario repetir el proceso para la otra cara y así colocar los restantes 3 rieles, sumando un total de 6 rieles a instalar.

Figura 10. Comparación de las medidas de las caras laterales del interior de la cajonera.



Nota: Elaboración propia.

Seleccionar el método de Poka-Yoke adecuado

En este paso crucial, se determina que el método de Poka-Yoke a diseñar adoptará un enfoque preventivo, actuando antes de que se produzca un error durante la instalación de los rieles. Este diseño preventivo incorpora un control de calidad en la producción, buscando optimizar el tiempo empleado en el proceso y mitigar significativamente el riesgo de posibles errores. Este enfoque proactivo asegura una intervención efectiva antes de que se generen problemas, fortaleciendo la eficiencia y la calidad en el ensamblaje de los rieles.

Rediseñar el modelo Poka-Yoke

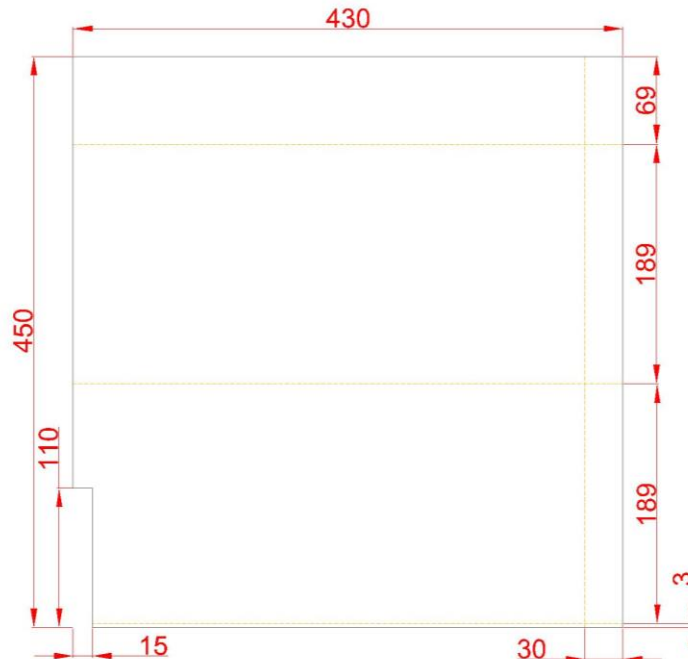
En este paso, se empleó la teoría aprendida y se comprendieron las necesidades específicas de la fábrica de muebles Industria Nueva. Utilizando el software AutoCAD, se llevó a cabo el rediseño del Poka-Yoke, creando una plantilla basada en la cara lateral interna de la cajonera. Durante este proceso, se consideraron factores cruciales, primeramente, el espacio de 3 mm sobre la base para el primer riel provocando que la longitud vertical de la cara lateral de la cajonera sea no de 570 mm, si no de 567 mm, haciendo que la distancia entre los 3 rieles sea de 189 mm, después se le dio un poco más de margen en el espacio o pestaña que tiene en una esquina inferior esta cara lateral interior.

Para garantizar una instalación precisa de los rieles al margen de la cara lateral se otorgó un margen adicional en la esquina inferior y se proporcionó un espacio de 30 mm para la colocación del eje vertical de los rieles, provocando que la longitud horizontal del Poka-Yoke sea de 430 mm.

Al reconocer las variaciones en las dimensiones de los rieles, se abandonó la idea de calcar la silueta exacta, optando en su lugar por identificar puntos clave de apoyo que facilitarían la instalación, como se muestra en la figura 12.

Se creó una silueta de riel que permite la colocación de rieles de diversas dimensiones, asegurando la adaptabilidad del Poka-Yoke. Esta silueta se ubicó en la plantilla utilizando ejes horizontales y un eje vertical, a continuación, se muestran las dimensiones de la silueta utilizada para la instalación de los rieles.

Figura 11. Límites de Poka-Yoke.



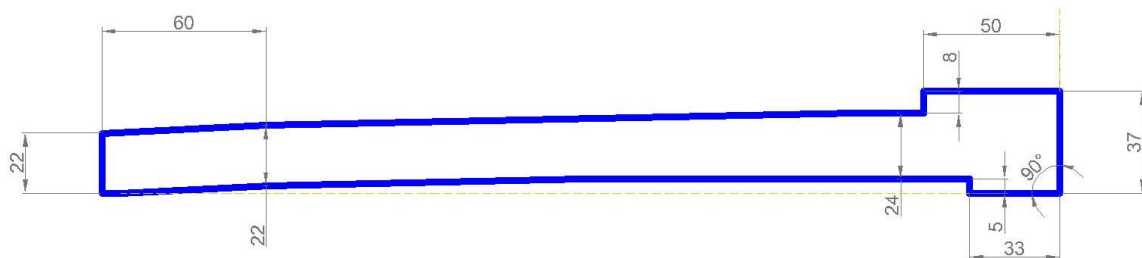
Nota: Elaboración propia.

Figura 12. Puntos de apoyo de los rieles.



Nota: Elaboración propia.

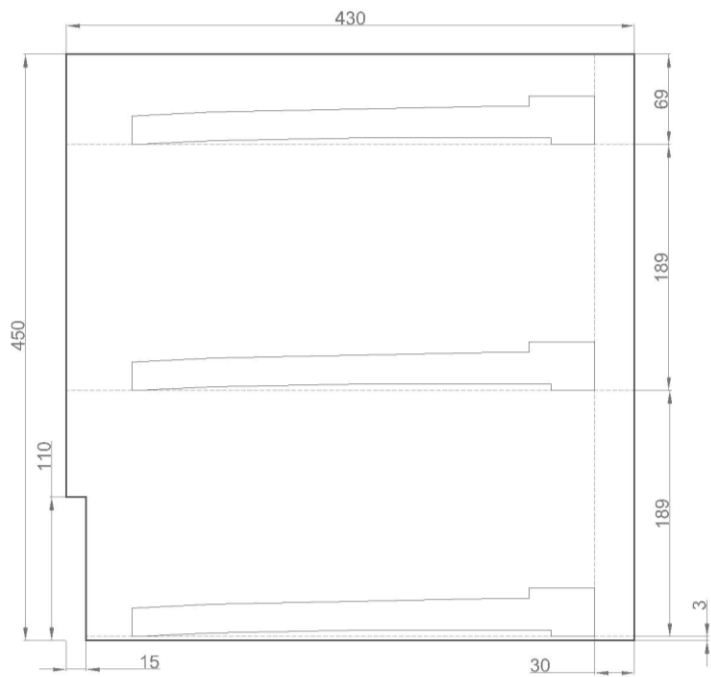
Figura 13. Medida de silueta de rieles.



Nota: Elaboración propia.

Finalmente, se determinó que la longitud vertical de la plantilla no necesitaba ser de 570 mm, sino que 450 mm era suficiente. Durante la fabricación física del Poka-Yoke, se estableció un grosor de 12 mm para garantizar resistencia y durabilidad. Este proceso integral asegura que la plantilla diseñada cumpla con los requisitos específicos y las condiciones de producción en la fábrica. A continuación, se muestra el rediseño del modelo Poka-Yoke terminado.

Figura 14. Modelo 2D de Poka Yoke terminado.



Nota: Elaboración propia.

Figura 15. Modelo 3D de Poka Yoke hecho en SketchUp.



Nota: Elaboración propia.

Resultados

Como producto final, se obtuvo un dispositivo Poka-Yoke tangible, confeccionado en una plantilla de madera MDF de 12 mm de grosor mediante tecnología láser para garantizar precisión. Este dispositivo fue diseñado para optimizar la instalación de rieles en el "Tocador Normal", específicamente en la fase de colocación de seis rieles que servirán para tres cajones de la cajonera.

En la fábrica Industria Nueva, se aplicó el Poka-Yoke durante el ensamblaje del mueble, reduciendo significativamente los tiempos de instalación de los rieles, alcanzando un promedio de 2 minutos con 45 segundos por cara lateral de la cajonera. Considerando ambas caras laterales, el tiempo total se reduce a 5 minutos con 40 segundos. Esta mejora representa una disminución sustancial en los tiempos de colocación de rieles, superando el 200% de aumento en la productividad. Se adjuntará una imagen que ilustra las fórmulas utilizadas para calcular la productividad en ambos sistemas.

Figura 16. Imágenes usando el Poka Yoke en la instalación de los rieles.



Nota: Elaboración propia.

Figura 17. Cálculo de productividad.

El tiempo de colocación se redujo un total de 11 minutos y 22 segundos

$$Productividad = \frac{Producción\ realizada}{Minutos\ utilizados}$$

$$Productividad\ antigua\ (P_0) = \frac{1\ colocación\ de\ rieles}{17.0333\ minutos} = 0.05870\ colocacion\ de\ rieles\ en\ un\ minuto$$

$$Productividad\ nueva\ (P_1) = \frac{1\ colocación\ de\ rieles}{5.6666\ minutos} = 0.1764\ colocacion\ de\ rieles\ en\ un\ minuto$$

$$Tasa\ de\ variación\ de\ productividad\ global(TVP) = \frac{P_1 - P_0}{P_0} \times 100$$

$$(TVP) = \frac{0.1764 - 0.05870}{0.05970} \times 100 = 200.51\%$$

La productividad aumenta en un 200.51% con respecto a cuantas colocaciones de rieles se hacen en un minuto

Nota: Elaboración propia.

La implementación del dispositivo Poka-Yoke no solo ha demostrado ser eficaz en la reducción de tiempos durante la instalación de los rieles, sino que también presenta beneficios notorios en entornos de producción ya que estos muebles tipo tocador nuevo se realizan por lotes de 6 muebles.

La consistencia mejorada en la colocación de los rieles en ambas caras laterales de la cajonera contribuye a una mayor uniformidad en el producto final. Este enfoque no solo favorece al fabricante al manejar una cantidad considerable de tocadores diariamente, sino que también realza la coherencia y calidad general de los muebles producidos.

Figura 18. Rieles colocados ya con el Poka Yoke.



Nota: Elaboración propia.

Discusión

La investigación presenta resultados alentadores sobre la implementación de un dispositivo Poka-Yoke en el proceso de instalación de rieles en muebles tipo tocador, lo cual es un tema relevante en la industria manufacturera. La

reducción significativa en los tiempos de instalación y el aumento sustancial en la productividad son aspectos destacables que merecen una discusión más profunda y detallada.

En primer lugar, es crucial analizar la eficacia del dispositivo Poka-Yoke en la mejora de los procesos de fabricación. Si bien los resultados obtenidos en la fábrica Industria Nueva son prometedores, es importante considerar la transferencia de este enfoque a otros contextos de producción. ¿El diseño del dispositivo y su metodología son fácilmente adaptables a diferentes tipos de muebles o procesos de fabricación? ¿Se han identificado posibles limitaciones o desafíos en la implementación del Poka-Yoke en otros entornos industriales?

Además, es fundamental examinar el impacto económico de la implementación del Poka-Yoke. Si bien se observa una mejora significativa en la productividad, es necesario evaluar si los beneficios obtenidos superan los costos asociados con el diseño, fabricación y mantenimiento del dispositivo. ¿Se ha realizado un análisis costo-beneficio exhaustivo que considere todos los aspectos financieros de la implementación del Poka-Yoke? ¿Se han identificado posibles áreas de optimización en términos de costos o eficiencia en la producción?

Otro punto relevante es el impacto en la calidad del producto final. Si bien se menciona que la consistencia mejorada en la colocación de los rieles contribuye a una mayor uniformidad en los muebles, es importante considerar otras métricas de calidad que puedan verse afectadas por la implementación del Poka-Yoke. ¿Se han realizado pruebas de durabilidad, resistencia u otras pruebas de calidad para asegurar que el dispositivo no comprometa la integridad estructural o estética del mueble? ¿Qué medidas se han implementado para garantizar que la calidad del producto final no se vea comprometida en aras de una mayor eficiencia en el proceso de fabricación?

Además, es crucial abordar la aceptación y capacitación del personal en la utilización del dispositivo Poka-Yoke. ¿Cómo se ha llevado a cabo la formación de los trabajadores para asegurar una implementación exitosa y sostenible? ¿Existe resistencia al cambio por parte de los empleados, y de ser así, qué estrategias se están utilizando para abordar este desafío? ¿Se ha considerado la retroalimentación y la participación activa de los trabajadores en el proceso de implementación del Poka-Yoke?

Si bien los resultados presentados son prometedores, es necesario realizar un análisis exhaustivo y detallado de varios aspectos para evaluar completamente la viabilidad y efectividad del dispositivo Poka-Yoke en entornos de fabricación de muebles para futuras investigaciones derivada de esta. Abordar dichas cuestiones proporcionará una comprensión más completa de los beneficios y desafíos asociados con la implementación de esta innovadora herramienta en la industria manufacturera.

Conclusiones

En conclusión, el proyecto de rediseño y aplicación del dispositivo Poka-Yoke para la fase de instalación de rieles en la fabricación del "Tocador Normal" en Industria Nueva de Puruándiro ha resultado exitoso.

Aprendiendo de las lecciones de un intento anterior, donde las medidas y el material no fueron precisos, esta vez se logró un diseño más acertado. La utilización de madera MDF de 12 mm cortada con láser permitió una mayor precisión en las dimensiones del Poka-Yoke. Los resultados indican una reducción significativa de los tiempos de instalación de los rieles, consiguiendo un tiempo promedio de 5 minutos con 40 segundos para la instalación completa de los rieles de la cajonera. Esta mejora no solo se traduce en eficiencia operativa, sino que también se refleja en un aumento de más del 200% en la productividad de instalación de rieles, un indicador clave para el fabricante. Además, la uniformidad en la colocación de los rieles en ambas caras laterales de la cajonera destaca la consistencia y calidad mejorada del producto final.

Demostrando también ser una solución efectiva para el personal de producción, aliviando la tediosa tarea de medir repetidamente durante la instalación de los rieles. La simplificación de este proceso ha contribuido a una mayor comodidad y satisfacción en el trabajo, este éxito resalta la importancia de considerar cuidadosamente las especificaciones del diseño y la elección del material para el desarrollo efectivo de dispositivos Poka-Yoke.

Referencias bibliográficas

Alfaro, G. (2023). Reingeniería de Procesos como una Herramienta para la Mejora de la Productividad en las Empresas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(5), 1623-1641. DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i5.7835

- Almazan, B., Osuna, S., Valdez, K., & Cotilla, I. (2008). Poka Yoke. Obtenido de: <https://www.gestiopolis.com/poka-yoke-tecnica-de-calidad-para-la-mejora-continua/>. Consultado: 25/04/2024
- Barrios, S. 2017. *Ciencia y Técnica administrativa*. Obtenido de: <http://www.cyta.com.ar/ta1202/v12n2a2.htm> Consultado: 25/04/2024
- Cabrera, R. C. 2015. Lean Six Sigma TOC Simplificado. México .
- Casado, M. A. P., & Castro, J. M. V. (2020). Modelo Lean Manufacturing de mejora de procesos para lograr el cumplimiento del programa de producción de una empresa dedicada a la fabricación de muebles. Obtenido de: https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/653189/Paredes_CM.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Consultado: 25/04/2024
- Colunga, C., & Saldierna, A. 1994. *Costos de la calidad*. San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de ingeniería.
- Cruz, A., & Garnica, A. (2011). Ergonomía aplicada. Eco e Ediciones.
- Fisher, M. (1999). Process improvement by poka-yoke. *Work Study*, vol. 48, no. 7, p. 264– 266. DOI:10.1108/00438029910294153.
- George, M. L. 2002. *Lean six sigma: combining six sigma Quality with lean speed*. USA: The McGraw- Hill.
- González, R. & Jimeno, J. (2012). POKA YOKE – Diseño a prueba de errores. Obtenido de: <https://www.pdcahome.com/poka-yoke/>. Consultado: 25/04/2024
- Gutiérrez, H. 2005. *Calidad Total y Productividad*. México, D.F.: McGraw-Hill.
- Hammer, M. Y. (1994). Reingeniería. Santa fé de Bogotá: Norma.
- Hernandez, L. (2017). Técnicas para ahorrar costos logísticos. Marge Books.
- Hernández, T., Gómez, K., Ibarra, G., Vargas, M., & Máynez, A. (2018). Implementación de poka-yoke en herramental para disminución de ppms en estación de ensamble. *Cultura Científica Y Tecnológica*, (64). Obtenido de: <https://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/2483>. Consultado: 25/04/2024
- Leroy, G. (2018). Propuesta de implementación del lean manufacturing para disminuir los costos operativos en la línea de proceso de arándano fresco en la empresa Camposol S. A. [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/13856>.
- Misiurek, B. (2016). Standardized work with TWI: eliminating human errors in production and service processes. CRC Press, New York.
- Morris, D. y. (1994). Reingeniería. Cómo aplicarla con éxito en los negocios. Santafé de Bogotá: McGraw-Hill.
- Nogueira, D., & Medina, A. (2004). Fundamentos para el Control de la Gestión Empresarial. Obtenido de: https://www.researchgate.net/publication/328722967_Fundamentos_para_el_Control_de_la_Gestion_Empresaria/fullTextFileContent. Consultado: 25/04/2024
- PDCA. (2017). PDCA POKAYOKE. Obtenido de: <http://www.pdcahome.com/poka-yoke/>. Consultado: 25/04/2024
- Pérez, R., Morales, V., Anguera, M. T., & Hernández, A. 2015. Hacia la calidad de servicio emocional en organizaciones deportivas orientadas a la población infantil: un análisis cualitativo. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 10(2). Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3111/311137747009.pdf>. Consultado: 25/04/2024
- Ponjuan Dante, G., & Villardefrancos Álvarez, M. d. (2005). Principios y métodos para el mejoramiento organizacional. La Habana.
- Rodríguez, E. 2005. *Metodología de la investigación*. Villahermosa: Universidad Autónoma de Tabasco.
- Rojas Moya, J. L. (2007). Gestión por procesos y atención al usuario en establecimientos del Sistema Nacional de Salud. Disponible en: <https://www.eumed.net/libros-gratis/2007b/269/index.htm>. Consultado: 25/04/2024
- Sharman, P. (s.f.). El Rol del análisis económico y de desempeño en la reingeniería de procesos. Disponible en: https://dit.upm.es/~fsaez/intl/capitulos/5%20-Reingenier%EDa%20_I_.pdf. Consultado: 25/04/2024
- Sosa, D. (2002). *Conceptos y herramientas para la mejora continua*. México: Limusa, S. A. de C. V
- Soto, D. (2011). *Perspectiva de la gestión de la innovación desde los mecanismos a prueba de falla Poka-Yoke*. Escenarios. Vol 9, No.1, pàg. 52-59. Obtenido de: <https://core.ac.uk/download/pdf/225609881.pdf>. Consultado: 25/04/2024
- Ocaña, V. (2021). La ergonomía y su aplicación en el diseño de ambientes de cocina. caso de análisis: normativa Inen 1646 [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/8339/1/5.-TESIS%20Ver%20C3%B3nica%20Oca%20C3%B1a%20Parra-MDGD.pdf>
- Pérez, G., Gisbert, V. & Pérez, E. (2017). Reingeniería de Procesos. 3C Empresa: investigación y pensamiento crítico, Edición Especial, 81-91. DOI: <http://dx.doi.org/10.17993/3cemp.2017.especial.81-91>

- Rafoso, S., & Artiles, S. (2011). Reingeniería de procesos: conceptos, enfoques y nuevas aplicaciones. *Ciencias de la Información*, 42(3), 29-37. Obtenido de: <https://biblat.unam.mx/hevila/Cienciasdelainformacion/2011/vol42/no3/4.pdf>. Consultado: 25/04/2024
- Shimbun, N. (1989) Poka-yoke: Improving product quality by preventing defects. Productivity Press, Portland, OR.
- Saurin, T.A., Ribeiro, J.L.D., Vidor, G. A. (2012). A framework for assessing poka-yoke devices. *Journal of Manufacturing Systems*, vol 31, no. 3, p. 358–366, DOI: 10.1016/J.JMSY.2012.04.001.
- Siqueira De Queiroz Simoes, J. (2016). Importancia del mobiliario ergonómico en la salud y productividad de los trabajadores. *Revista Arte Y Diseño A&D*, (4), 68-74. Obtenido de <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/ayd/article/view/19625>. Consultado: 25/04/2024
- Socconini, L. (2014). *Certificación Lean six sigma yellow belt: para la excelencia en los negocios*. Marge Books.
- Zaratiegui, J. R. (1999). La Gestión por procesos: su papel e importancia en la empresa. *Economía Industrial* No.330, 81-88.
<https://www.mintur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustria/330/12jrza.pdf>. Consultado: 25/04/2024



<http://chetumal.tecnm.mx/avacient/index.php/revista/index> <https://www.facebook.com/avacient>