

<https://doi.org/10.69639/arandu.v12i4.1739>

Propuesta de implementación de herramientas de *lean manufacturing* para el mejoramiento en la productividad de una empresa dedicada a la elaboración de balanceados

Proposal for the implementation of lean manufacturing tools to improve productivity in a company dedicated to the production of animal feed

Jorge Tomas Holguín Anzules

jholguina7@unemi.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-4454-4184>

Universidad Estatal de Milagro

Milagro-Ecuador

Hicler Fernando Avila Coello

havilac@unemi.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0003-8007-2863>

Universidad Estatal de Milagro

Milagro-Ecuador

Brayan Alexande Rodriguez Calderon

brodriguez@unemi.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0006-9821-2248>

Universidad Estatal de Milagro

Milagro-Ecuador

Mario Javier Llumitasig Calvopiña

mlumitasig@unemi.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-8889-1367>

Universidad Estatal de Milagro

Milagro-Ecuador

Artículo recibido: 18 septiembre 2025 -Aceptado para publicación: 28 octubre 2025
Conflictos de intereses: Ninguno que declarar.

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo mejorar la productividad en una empresa dedicada a la elaboración de balanceado tipo pellet, mediante la implementación de herramientas de Lean Manufacturing. A partir del análisis de datos históricos correspondientes al segundo semestre del año 2024, se identificaron diversos problemas en el proceso productivo, como tiempos de espera prolongados, movimientos innecesarios, desorganización en los puestos de trabajo y tareas que no agregan valor. La investigación se desarrolló con un enfoque documental, descriptivo y cuantitativo, utilizando la metodología DMAIC junto con herramientas como el VSM, diagrama de Ishikawa, 5S y Kaizen. Como resultado, se planteó una propuesta de mejora orientada a optimizar el flujo de producción, reduciendo los tiempos improductivos y elevando la productividad a 0,40 toneladas por hora, lo que representa una producción mensual estimada de

1503 sacos. Además, la evaluación económica arrojó un VAN de \$6.455,78 y una TIR superior al 10 %, lo que demuestra la factibilidad técnica y financiera del proyecto.

Palabras clave: eficiencia operativa, desperdicios, mejora continua, productividad, lean manufacturing

ABSTRACT

This project aims to improve productivity at a pellet-type feed production company by implementing Lean Manufacturing tools. Through the analysis of historical data from the second half of 2024, various problems in the production process were identified, such as long wait times, unnecessary movements, disorganization in workstations, and non-value-added tasks. The research was conducted with a documentary, descriptive, and quantitative approach, utilizing the DMAIC methodology along with tools such as VSM, Ishikawa diagram, 5S, and Kaizen. As a result, an improvement proposal was proposed aimed at optimizing the production flow, reducing downtime, and increasing productivity to 0.40 tons per hour, representing an estimated monthly production of 1,503 bags. Furthermore, the economic evaluation yielded an NPV of \$6,455.78 and an IRR of over 10%, demonstrating the technical and financial feasibility of the project.

Keywords: operational efficiency, waste, continuous improvement, productivity, lean manufacturing

Todo el contenido de la Revista Científica Internacional Arandu UTIC publicado en este sitio está disponible bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 International. 

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la industria de alimentos balanceados desempeña un papel crucial en el desarrollo del sector agropecuario, siendo una base esencial para actividades como la avicultura, la acuicultura y la ganadería. La calidad, disponibilidad y eficiencia en la producción de estos insumos son factores determinantes para el rendimiento productivo de dichas actividades. Sin embargo, muchas empresas del sector enfrentan desafíos operativos relacionados con tiempos improductivos, desorganización en los procesos y actividades que no agregan valor, lo que repercute negativamente en su competitividad y capacidad de respuesta ante las exigencias del mercado.

Este proyecto de titulación se enfoca en una problemática real detectada en el proceso productivo de una empresa dedicada a la elaboración de balanceado, donde se identificaron elevados tiempos de producción, principalmente en las áreas de pesaje de micronutrientes, descarga de macronutrientes, peletizado y envasado. Dichos retrasos son causados, en gran medida, por movimientos innecesarios, tiempos de espera prolongados, mala planificación y falta de estandarización en los procedimientos operativos.

Ante este escenario, se plantea como objetivo general el desarrollo de una propuesta basada en la implementación de herramientas Lean Manufacturing, con el fin de mejorar la productividad y eficiencia en los procesos de elaboración del balanceado. Para ello, se ha utilizado la metodología DMAIC como enfoque estructurado, apoyado por herramientas como el VSM (Value Stream Mapping), diagrama de Ishikawa, 5S y Kaizen, que permiten identificar y eliminar desperdicios, estandarizar tareas y fomentar una cultura de mejora continua en la planta productiva.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología que incluiremos dentro de este proyecto estará comprendida a partir de las 5 fases de gestión que establece el DMAIC, constituye un pilar estratégico dentro del enfoque Six Sigma para la mejora de procesos, permitiendo estructurar de manera rigurosa la integración de herramientas Lean en sistemas productivos. En el contexto de una empresa dedicada a la elaboración de alimentos balanceados, DMAIC ofrece un marco metodológico disciplinado que facilita la identificación de fuentes de variabilidad, la medición precisa del desempeño actual, el análisis de causas raíz, la implementación de mejoras enfocadas en la eliminación de desperdicios, y la estandarización de soluciones para asegurar la sostenibilidad operativa, (Bravo Fernandez, 2023).

Definir

En la primera etapa del DMAIC, “Definir”, se define claramente cuál es el problema en qué consiste el proyecto, buscando la satisfacción del cliente, se comprende y define el proceso actual, con el fin de enfocar adecuadamente el proyecto e identificar oportunidades rápidas de

mejora y establecer los objetivos de mejora de acuerdo con las necesidades y buscando la satisfacción del cliente, (Tapia, 2024).

Medir

En la etapa de medición, se realiza la toma de datos para ser capaces de cuantificar el problema y tener una idea precisa de cuáles es el punto de partida los objetivos que el equipo de mejora Seis Sigma debe cumplir en esta segunda etapa de la metodología y tener una visión objetiva del estado actual del proceso, identificar cuellos de botella o fallas, y proporcionar datos que permitan comparar el desempeño antes y después de aplicar mejoras, (Marín-Calderón et al., 2023).

Analizar

Esta fase es muy importante dentro de la metodología DMAIC. Las herramientas utilizadas y el orden en que se apliquen dependerán del problema del proceso y de la manera en que será abordado para analizar los datos e información obtenidos en la fase anterior, (Santoyo Telles et al., 2013). El objetivo es convertir estos datos en información realmente útil, con el fin de encontrar las causas raíz de los problemas, verificando las relaciones causa y efecto.

Mejorar

La fase de mejora busca eliminar la causa raíz del problema identificado. Se analizan las variables del proceso que pueden ser modificadas para optimizar el rendimiento. Las propuestas de mejora se desarrollan con base en datos validados en fases anteriores. Posteriormente, se diagnostica si dichas mejoras tienen un efecto significativo, esto garantiza que los cambios implementados realmente aporten valor al proceso, (Manzano Rodríguez et al., 2023).

Controlar

En el punto final que es controlar se tiene como finalidad garantizar la estabilidad y capacidad del proceso a largo plazo. Un proceso estable es aquel en el que las variables críticas mantienen un comportamiento constante en el tiempo. Esta consistencia permite predecir los resultados y asegurar la calidad del producto final (Lay-De-León et al., 2022). El control evita que las mejoras alcanzadas se pierdan con el tiempo, para ello, se implementan mecanismos de seguimiento, documentación y estandarización. Así, se asegura la sostenibilidad de los cambios y se promueve la mejora continua.

Situación inicial del Tiempo de procesamiento

La recolección de datos en este proyecto es de tipo documental, dado que se fundamenta en el análisis de registros e información previamente obtenida, como los tiempos históricos de producción del año 2024. No se realizó una observación directa en campo, sino que se utilizaron documentos internos de la empresa para identificar las ineficiencias y desperdicios dentro del proceso productivo.

Datos de situación inicial en los cuales nos ayudara a identificar cuáles son los procesos que toman más tiempo, en lo que se registraron los tiempos iniciales en minutos usando

cronometraje directo. Los valores iniciales fueron: 9,554 minutos para el área de micronutrientes, 35,712 minutos en la descarga de macronutrientes, 17,912 minutos en la mezcladora, 58,274 minutos en la peletizadora y 26,070 minutos en el envasado y etiquetado. Estos tiempos fueron documentados para cada etapa del proceso, definiendo su Lead Time total, para un análisis investigativo completo.

Datos de productividad inicial

De manera inicial tenemos que el indicador de la productividad en toneladas por hora (Ton/h), en donde se registra con 0,40 Ton/h, obtenida mediante la relación entre la producción real y el tiempo efectivo de producción total. Este dato refleja el rendimiento actual del proceso que nos ayudara a calcular un mejor índice que de productividad, cabe recalcar que estos datos son criterio de datos históricos ya promediado. El puntaje obtenido fue de 56%, lo que evidencia un cumplimiento bajo y refleja problemas en la organización del área de trabajo. Esta evaluación es clave en la fase de Definir y también Medir.

Indicador de evaluación

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Produccion Requerida (Toneladas)}}{\text{Tiempo de Producción (Horas)}}$$

Mide la cantidad de producción obtenida en relación con el tiempo utilizado para generarla, permite identificar cuán eficiente es un proceso productivo. A mayor productividad, mejor uso de los recursos disponibles, también se expresa generalmente en unidades por hora o tonelada por hora, es clave para evaluar el impacto de mejoras Lean.

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tiempo Disponible de Trabajo}}{\text{Demanda del Cliente}}$$

Es el ritmo de producción necesario para satisfacer la demanda del cliente en un tiempo determinado, se basa en el tiempo disponible de trabajo y la cantidad requerida. Su uso permite balancear líneas de producción. Ayuda a evitar tanto la sobreproducción como el retraso es esencial para sincronizar procesos con la demanda real.

$$\text{Pérdida diaria} = (\text{Demanda diaria (sacos)} - \text{Produccion real diaria (sacos)}) \times \text{Precio por saco}$$

Este indicador mide cuánto se ha logrado disminuir los desperdicios tras una mejora. Aplica tanto a materiales, tiempo, energía, movimiento o inventario. Es un reflejo directo del éxito de las herramientas Lean, ayuda a cuantificar beneficios económicos y de espacio. Aporta evidencia para justificar nuevas implementaciones.

RESULTADOS

A continuación, se muestra la tabla 01, VSM actual de la empresa, con los datos y condiciones actuales.

Tabla 1*VSM Actual de la empresa*

Área del Proceso	TC (Tiempo de Ciclo)	Ocu (%)	Tiempo Disponible (min)	VA (Valor Agregado)
Micro nutrientes	11,25 min	10%	420 min	11,25
Tolva de descarga	36,91 min	38%	420 min	36,91
Mezcladora	17,97 min	64%	420 min	17,97
Peletizado	62,78 min	78%	420 min	62,78
Envasado	26,07 min	23%	420 min	26,07
Total, VA:				154,98 min

Fuente: Elaboración propia.

Esta medición revela notoriamente actividades que hasta el momento no agregan valor dentro del proceso de producción, por lo que se tiene un ciclo total ineficiente, donde el tiempo usado de manera correcto es de 154, 98 minutos, comparados con los 420 minutos de la jornada laboral.

Indicadores

Los resultados de indicadores que se muestran a continuación permiten cuantificar la amplitud del problema, lo que permitió establecer lineamientos para el inicio de la propuesta de mejora. En este caso se calcularon tres indicadores que presentan datos de la criticidad del problema:

$$\text{Productividad} = \frac{1\text{Tonelada}}{2.58\text{ h}} \approx 0.387\text{ T/hora}$$

$$\text{Takt Time} = \frac{420\text{ minu}}{3\text{ toneladas}} = 140\text{ minu/tonelada}$$

$$\text{Pérdida diaria} = (75 - 71) \times \$28 = \$112 * 20 = \$2240\text{ mensual}$$

Diagrama de Pareto

Facilita una evaluación cuantitativa y cualitativa que ayuda a enfocar los esfuerzos de mejora sobre aquellas causas que representan un mayor perjuicio al rendimiento del proceso productivo.

Tabla 2*Priorización de causas*

Factores	Total	Porcentaje	Porc. Acumulado
Falta de capacitación de operarios	10	23%	23%
Procesos no estandarizados	9	20%	43%
Desorden en el área de trabajo / falta de señalización	8	18%	61%
Maquinaria inadecuada / mantenimiento deficiente	6	14%	75%
Esperas innecesarias (tiempos muertos)	5	11%	86%
Mala planificación del inventario	4	9%	95%
Deficiente comunicación entre departamentos y operarios	2	5%	100%
Total	44		

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los resultados, las tres primeras causas; falta de capacitación de operarios, procesos no estandarizados y desorden en el área de trabajo/falta de señalización, representan en conjunto más del 60% del impacto total. Esto significa que, si la empresa enfoca sus esfuerzos en corregir estas tres causas prioritarias, se podrá lograr una mejora significativa en la productividad y eficiencia del proceso. Las causas restantes, aunque también importantes, tienen un impacto menor individualmente y pueden abordarse en una fase posterior del plan de mejora continua.

DISCUSIÓN

Propuesta de mejora

Una de las herramientas de mejora establecida en el plan de Acción Kaizen son las 5S, que a partir del diagnóstico inicial no se cumplían Satisfactoriamente lo que ocasiona un aumento en los tiempos de producción. Por lo tanto, el primer paso es la implementación en diferentes fases de esta herramienta.

Tabla 3

Plan de acción Kaizen

Área afectada	Problema identificado	Acción correctiva propuesta	Responsable	Tiempo estimado
Mezclado	Tiempo muerto esperando que la tolva se llene	Redistribuir tareas para aprovechar ese tiempo	Jefe de línea	3 días
Envasado	Retrasos por falta de insumos a mano	Crear kit de herramientas e insumos por turno	Supervisor planta	2 días
Pesaje	Desorden y búsqueda de materiales	Crear estaciones fijas con señalética visual	Encargado de área	1 semana
Recepción de insumos	Movimientos innecesarios	Reubicar materiales frecuentes cerca del punto de uso	Asistente de bodega	4 días

Fuente: Elaboración propia.

Desarrollo de la propuesta con 5S

Una vez identificado el problema y elaborado el plan de acción Kaizen, se procedió con las actividades correctivas en las áreas críticas del proceso productivo.

Seiri (Clasificar)

En esta primera S, lo que se va a proponer es tratar de separar y ordenar elementos necesarios, de la misma manera tratar de enfocar a lo que no aporta valor en ese apartado, por lo que se recomienda evitar en lo absoluto que no existan materiales que impidan el tránsito dentro de la empresa, por lo que lo más usual se identifica lo siguiente como materiales innecesarios.

Tabla 4*Propuesta de Seiri en base a las actividades a realizar*

Elemento Innecesario	Ubicación	Causa de almacenamiento	Acción sugerida	Responsable
Sacos reutilizados	Junto al área de descarga de macronutrientes	Realizar una venta o recolección	Retirar del área de descarga de macronutrientes	Operadores
Pallets sin valor	Junto a la bodega de Materias Primas	Recogerlos para base del almacenamiento	Retirar de la bodega de materia primas mientras no están en uso	Operadores
Herramientas	Junto a la bodega de micronutrientes	Se requieren en el área de peletizado	Ubicar en la caja de herramientas existente junto a la peletizadora	Operadores
Elementos de Aseo	Dispersas en las diferentes áreas de trabajo	Para realizar limpieza del puesto de trabajo	Establecer un lugar adecuado para colocar estos elementos después de ser utilizados.	Operadores

Fuente: Elaboración propia.

Análisis: en este apartado se fue identificado lo que se debe hacer en cada una de los escenarios, porque nos ayudara a tener un material mejor clasificado, elementos que no construyan una obstrucción en el paso y materiales que no se usan dentro del proceso, en el después debe de verse mejor posicionado las posturas y en lugares estratégicos.

Seiton (ordenar), Seiso (Limpiar)

En esta fase fue esencial para establecer la organización espacial y la limpieza sistemática necesarias para reducir los movimientos innecesarios y los tiempos de búsqueda (desperdicio). A continuación, la tabla 05 muestra las acciones correctivas específicas implementadas por área crítica. Se enfocaron en crear ubicaciones definidas y se estableció un régimen de limpieza organizado y estandarizado trabajo estable y predecible, reduciendo la variabilidad y sentando las bases operacionales para la estandarización futura.

Tabla 5*Planificación de Seiton y Seiso*

Área de Trabajo	Acción Realizada	Responsable
Pesaje de micronutrientes	Tener en cada posición los aditivos usados para la producción.	Operador del Area de Pesaje.
Descarga de macronutrientes	Señalización en el Área de Trabajo.	Operador de Macronutrientes.
Peletizadora	Ordenar los anillos que me ayudan a realizar el peletizado.	Operador de Peletizadora.
Envase y etiquetado	Tener una Planificación para que los sacos estén preparados en un lugar estratégico.	Operador encargado del proceso de envase.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis: se emplea este tipo de tabla, con el fin de comprender de que manera sucede y de qué manera se puede corregir, siempre y cuando eso se mantenga, en donde es imprescindible mantener un régimen de limpieza que debe ser organizado, estableció que al final de la jornada los operarios deben realizar las acciones de limpieza en cada puesto de trabajo:

Tabla 6

Horario de limpieza

Día	Área a limpiar	Responsable	Horario	Actividades específicas
Lunes	Área de pesaje de micronutrientes	Operario de pesaje	16h00 – 16h30	Limpieza de balanza, retiro de residuos y barrido
Martes	Área de mezclado	Operario de mezcladora	16h00 – 16h30	Limpieza externa de la mezcladora, recolección de polvo
Miércoles	Área de envasado y etiquetado	Operario de envasado	16h00 – 16h30	Limpieza de mesas, recojo de sacos vacíos
Jueves	Pasillos y zona común de tránsito	Auxiliar de planta	16h00 – 16h30	Barrido, trapeado y señalización de zonas húmedas
Viernes	Almacén de insumos	Encargado de almacén	16h00 – 16h30	Reubicación de materiales, limpieza de estanterías
Sábado	Limpieza general de toda la planta	Todo el personal (rotativo)	11h00 – 12h00	Revisión y limpieza profunda de cada estación

Fuente: Elaboración propia.

Análisis: Durante el desarrollo del plan de mejora Kaizen, se identificó que uno de los factores que afectaba de forma directa la eficiencia operativa en planta era la falta de limpieza programada y sistemática en los distintos puestos de trabajo. A través de la observación directa y entrevistas con el personal, se evidenció que las labores de limpieza se realizaban de manera esporádica, sin asignación clara de responsabilidades ni horarios definidos.

Seiketsu (control visual) y Shitsuke (disciplina)

Una vez aplicadas las primeras tres S (clasificar, ordenar y limpiar), será necesario estandarizar todas las prácticas implementadas para que se mantengan en el tiempo esta etapa busca crear normas visibles y procedimientos claros que permitan sostener el orden y la limpieza como parte del trabajo diario.

Actividades que se realizarán

1. Se desarrollarán check lists diarios para cada puesto de trabajo, los cuales serán utilizados al inicio y final de cada turno para verificar que se cumplan los criterios mínimos de limpieza y orden.
2. Se elaborarán formatos estandarizados de operación para las actividades más críticas del proceso (pesaje, mezclado y envasado), donde se detalle paso a paso la forma correcta de ejecutar cada tarea.

3. Se implementará señalética visual con códigos de color, indicando zonas seguras, rutas de tránsito, ubicación de herramientas y materiales.
4. Se definirán y comunicarán tiempos estándar para ciertas actividades, con el fin de mejorar el control del rendimiento y detectar desviaciones.

CONCLUSIONES

La implementación de herramientas Lean Manufacturing permitió identificar y cuantificar significativamente los desperdicios presentes en el proceso productivo, además se logró resaltar datos importantes para la mejora en la producción, como tiempos muertos, movimientos innecesarios y desorganización en los puestos de trabajo, los cuales afectaban directamente la eficiencia operativa de la empresa.

A través de la aplicación de la metodología DMAIC y el uso de herramientas como el VSM, diagrama de Ishikawa, 5S y Kaizen, se logró optimizar el flujo de producción, estandarizar procesos críticos y mejorar el orden y la limpieza en la planta, fortaleciendo la cultura de mejora continua.

La medición del proceso a través del VCM, reveló una operación con una alta proporción de actividades que no agregan valor (NVA), lo que resultó un Tiempo de Ciclo Total (TCT) ineficiente. El tiempo que sí agrega valor (VA) dentro de la jornada laboral es de 420 minutos, es menor a la mitad, que en este caso es 154.98 minutos (Tabla 1). Esto implica que la mayor parte del tiempo de producción está consumido por desperdicios como; movimientos, esperas y defectos latentes.

El indicador de productividad alcanzó un valor de 0,40 toneladas por hora, lo que representa una mejora notable en la capacidad de respuesta de la empresa, permitiendo alcanzar una producción mensual estimada de 1503 sacos de balanceado tipo pellet.

Desde el punto de vista económico, la propuesta demostró ser viable, ya que la evaluación arrojó un Valor Actual Neto (VAN) positivo de \$37.766,67 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) superior al 10 %, recuperando la inversión en aproximadamente 1,47 meses, lo cual respalda su factibilidad financiera.

A pesar de no haberse realizado la implementación, por ser un estudio de caso práctico, los resultados obtenidos mediante simulaciones y análisis documentales evidencian el impacto positivo que tendría la aplicación de estas herramientas en la mejora de la productividad.

REFERENCIAS

- Bravo Fernandez, J. A. (2023). Aplicación de herramientas Lean Manufacturing (5S, Andon y Tiempo Estándar) para el aumento de la productividad en el área de producción de una empresa metalmecánica. *Industrial Data*, 26(1), 217–245. <https://doi.org/10.15381/idata.v26i1.24580>
- Brito, D., & Cocha, R. (2021). UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS Autores: Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de ingeniero Industrial.
- Chávez, L.-F., De-La-Rosa, S.-E., Manjarres, J.-C., Valbuena, S.-G., & Becerra-Torres, M. (2024). Diagrama de Pareto. Perspectiva de la Asignatura de Control de la Calidad. *Boletín de Innovación, Logística y Operaciones*, 6(1), 51–56. <https://doi.org/10.17981/BILO.6.1.2024.07>
- Citación Sugerida: García Cantó, M., & Amador Gandia, A. (2019). Cómo aplicar “Value Stream Mapping” (VSM). 3c Tecnología: Glosas de Innovación Aplicadas a La Pyme, ISSN-e 2254-4143, Vol. 8, No. 2, 2019, Págs. 68-83, 8(2), 68–83. <https://doi.org/10.17993/3ctecno/2019>
- Clemente Capcha, G. (2019). Implementación del método Kaizen para mejorar la producción en una empresa de confecciones.
- Escudero-Santiago, B. (2020). Mejora del lead time y productividad en el proceso Armado de pizzas aplicando herramientas de Lean Manufacturing. *Ingeniería Industrial*, 39(039), 51–72. <https://doi.org/10.26439/ING.IND2020.N039.4915>
- Ferrer-Blas, R. I., Galarcep-Barba, I., Solano-Gaviño, J. C., Ferrer-Blas, R. I., Galarcep-Barba, I., & Solano-Gaviño, J. C. (2024). Lean Manufacturing en la producción de alimentos: Revisión sistemática, análisis bibliométrico y propuesta de aplicación. *Scientia Agropecuaria*, 15(4), 569–579. <https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2024.042>
- Lay-De-León, R. N., Acevedo-Urquiaga, A. J., Acevedo-Suárez, J. A., Lay-De-León, R. N., Acevedo-Urquiaga, A. J., & Acevedo-Suárez, J. A. (2022). Guía para la aplicación de una estrategia de mejora continua. *Ingeniería Industrial*, 43(3), 30–48.
- Manzano Rodríguez, J. E., Ramos Alfonso, Y., Manzano Rodríguez, J. E., & Ramos Alfonso, Y. (2023). Incremento de la productividad en Metrológica Instrumentes S.A. mediante herramientas Lean Manufacturing. *Ingeniería Industrial*, 44(3), 147–162.
- Marín-Calderón, A. V., Valenzuela-Galván, M., Cuamea-Cruz, G., Brau-Ávila, A., Marín-Calderón, A. V., Valenzuela-Galván, M., Cuamea-Cruz, G., & Brau-Ávila, A. (2023). Aplicación de la metodología Lean Six Sigma para disminuir desperdicios en una unidad de fabricación de paneles modulares de poliestireno. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 24(1). <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2023.24.1.007>

- Padilla, P. I. L. (2010). LEAN MANUFACTURING MANUFACTURA ESBELTA/ÁGIL. 2076–3166. <http://www.tec.url.edu.gt/boletin>
- Parra, D. B., Murrieta Domínguez, F., & Cortes Herrera, C. A. (2020). Análisis de tiempos y movimientos en el proceso de producción de vapor de una empresa generadora de energías limpias (Analysis of times and motions in the steam production process from a company that generates clean energy). <https://orcid.org/0000-0001-5245-909X>
- Petra, V., Carlos, J., & Felipe, P. (2019). Definición del KPi Porcentaje de sacos con defecto y Takt Time Definition of KPi Percentage of bags with defect and Takt Time. Artículo Revista de Operaciones Tecnológicas Septiembre, 3(10), 21–29. <https://doi.org/10.35429/JTO.2019.11.3.21.29>
- Santoyo Telles, F., Murguía Pérez, D., López-Espinoza, A., & Santoyo Teyes, E. (2013). Comportamiento y organización. Implementación del sistema de gestión de la calidad 5 S'S. *Diversitas: Perspectivas en Psicología*, 9(2), 361–371.
- Tapia, F. de M. M. (2024). Evaluación de la implementación de Lean Manufacturing: Un análisis del Repositorio de Cybertesis Digitales de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 18(35), 16–24. <https://doi.org/10.31908/19098367.3089>