

Diagrama de Ishikawa y las 3 Mu como herramientas para el diagnóstico de la productividad

Ishikawa diagram and the 3 Mu as tools for productivity

Liliana Reyes Juárez¹ , Gibrán Rivera González¹ , Luis Canek Ángeles Tovar¹  ✉ , Lourdes Canós-Darós² ,
Fernando Castelló-Sirvent² 

¹Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México

²Departamento de Organización de Empresas, Universitat Politècnica de València, Valencia, España

RESUMEN

El presente trabajo tiene por objetivo identificar los factores que afectan la productividad de una empresa de plásticos en México, respondiendo a la pregunta: ¿cuáles son los factores que disminuyen la productividad del área de revisión y ajuste en una empresa de plásticos? Para lograrlo, se utilizó una metodología de estudio de casos, apoyado en la recolección de datos cuantitativos y cualitativos con base en entrevistas, observaciones, revisión de documentos y estadísticas de la compañía. Se encontró que los problemas causantes de la baja productividad en la empresa se encuentran dentro de seis factores: material, mano de obra, método, medio ambiente, medición, maquinaria y equipo. La principal limitante reside en ser una investigación enfocada en una sola empresa, pero al mismo tiempo esto otorga un mayor valor a la indagación al contribuir con conocimientos respecto a la utilidad que ofrece la combinación de las herramientas de las 3 Mu y el diagrama de Ishikawa, empleados para hacer un diagnóstico de la productividad. Se concluye que la investigación representa una contribución importante sobre el uso de herramientas de la ingeniería industrial para estudiar la productividad, gracias a su enfoque sistemático, análisis riguroso y diagnóstico detallado.

PALABRAS CLAVE: diagrama de Ishikawa; las 3 Mu; empresas de plásticos; administración industrial; productividad.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to identify the factors that affect the productivity of a plastics company in Mexico, answering the question: What are the factors that decrease the productivity of the review and adjustment area in a plastics company? To achieve this, a case study methodology was used, supported by the collection of quantitative and qualitative data based on interviews, observations, document review and company statistics. It was found that the problems causing low productivity in the company are found within six factors: material, labor, method, environment, measurement, machinery, and equipment. The main limitation is that it is research focused on a single company, but at the same time this gives greater value to the investigation by contributing knowledge regarding the usefulness offered by the combination of the 3 Mu tools and the Ishikawa diagram, used to make a productivity diagnosis. It is concluded that the research represents an important contribution on the use of industrial engineering tools to study productivity, thanks to its systematic approach, rigorous analysis, and detailed diagnosis.

KEYWORDS: Ishikawa diagram; the 3 Mu; plastic companies; industrial management; productivity.

Correspondencia:

DESTINATARIO: Luis Canek Ángeles Tovar

INSTITUCIÓN: Instituto Politécnico Nacional / Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas

DIRECCIÓN: Av. Té 950, Granjas México, Iztacalco, C. P. 08400, Ciudad de México, México

CORREO ELECTRÓNICO: canekangeles@gmail.com

Fecha de recepción: 1 de agosto de 2024. **Fecha de aceptación:** 24 de febrero de 2025. **Fecha de publicación:** 4 de marzo de 2025.



I. INTRODUCCIÓN

Desde hace décadas, las empresas dedicadas a la transformación de plásticos desempeñan un rol muy importante tanto a nivel nacional como internacional, por el amplio uso de este material en industrias como la automotriz, electrónica o de empaques, por mencionar algunas. Además, el mercado de los plásticos ofrece grandes ventajas como un bajo costo, durabilidad, resistencia a la corrosión y la capacidad de moldeo [1].

En el caso de México, la industria del plástico ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos 20 años, tanto que el país se ha posicionado como uno de los principales productores y exportadores de esos productos a escala mundial, lo que ha permitido mantener un ritmo de crecimiento. Tan solo en 2012, las exportaciones de plásticos en México alcanzaron los 7 521 millones de dólares estadounidenses, mientras que para 2022 prácticamente se duplicaron al llegar a los 13 146 millones de dólares [2]. Esto deja en claro el gran peso económico que el sector tiene para el país, lo que justifica que todo lo relacionado con su funcionamiento o el de sus empresas sea relevante.

Un crecimiento como este evidentemente conlleva a que las empresas de plásticos mantengan un adecuado nivel de productividad para cumplir con la demanda que el mercado exige. Sin embargo, en ocasiones, su funcionamiento se ve afectado por diferentes factores, teniendo como resultado menor producción y sobrecostos, lo que a su vez perjudica la rentabilidad de la organización y, en última instancia, incluso amenaza su supervivencia en el mediano plazo. Por lo anterior resulta relevante adentrarse en el estudio de las causas que afectan negativamente la productividad de las empresas de plástico en México. Hacerlo, ofrece la oportunidad, por un lado, de obtener información que contribuya a un mayor entendimiento del funcionamiento de ese tipo de entidades económicas y, por el otro, permite incrementar el conocimiento en lo referente a los problemas de productividad que se enfrentan en empresas del sector.

Por eso, este artículo pretende acercarse a los problemas de productividad del sector, mediante el estudio de una empresa de producción de termoformado de plástico para componentes eléctricos. Esto tiene por objetivo identificar los factores o elementos que provocan una baja productividad para, posteriormente, buscar accio-

nes enfocadas en mejorarla para beneficio de la empresa y un mejor desempeño comercial en su área. Por ello, se adoptaron dos herramientas de la ingeniería industrial útiles para el diagnóstico de la productividad: el diagrama de Ishikawa y la metodología de las 3 Mu.

La elección de dichas herramientas se debe a que gracias a varios estudios recientes se ha comprobado que las 3 Mu (Muri, Muda y Mura), pueden auxiliar en diversas industrias a minimizar los desperdicios en las organizaciones, lo que les beneficia operativamente [3], [4], [5], [6], [7]. Además, el diagrama de Ishikawa ha demostrado su utilidad para identificar adecuadamente y de manera pronta las causas raíz de diferentes problemas [8], [9], [10]. Ambos instrumentos se han implementado apoyándose en una metodología cuantitativa o cualitativa, lo que ha contribuido a detectar elementos que generan problemas en las empresas, por lo que ambas han sido idóneas para generar un adecuado diagnóstico de la organización objeto de estudio con el fin de tener certeza de los factores que afectaban su productividad.

Con base en lo anterior, el presente documento se estructura de la siguiente manera: primero se expone la metodología usada, así como los elementos teóricos relevantes sobre la productividad, para después ofrecer el contexto actual de la empresa objeto de estudio, con la intención de que el lector tenga claridad en cuanto a las características principales de la organización y su situación actual; a continuación se presentan los resultados de la investigación, así como la discusión sobre los aportes de las herramientas de diagrama de Ishikawa y las 3 Mu, como apoyo en la posible resolución de los problemas de productividad y, finalmente, se ofrecen las conclusiones correspondientes.

II. METODOLOGÍA

Este artículo de investigación tiene por objetivo identificar los factores que afectan la productividad de una empresa de plásticos en México y, para lograrlo, se buscó responder a la pregunta: ¿cuáles son los factores que disminuyen la productividad del área de revisión y ajuste en una empresa de plásticos? Bajo esta consideración, este trabajo se basó en un enfoque cualitativo-cuantitativo, siguiendo una metodología mixta [11].

Lo anterior se refuerza con la profundidad y la contextualización proporcionadas por la metodología de estudio de casos, donde hay cabida para la estructuración

e integración de datos cuantitativos y cualitativos. La elección del estudio de casos se debe a que ofrece un acercamiento detallado al objeto de estudio al tomar en cuenta su contexto específico. Aunado a esto, la metodología permite triangular información gracias a herramientas diversas de recolección que generan un análisis estructurado del fenómeno [12].

La organización en donde se llevó a cabo el estudio es una empresa de plásticos ubicada en la Ciudad de México, con más de 10 años en la industria y alrededor de 400 empleados. Fue seleccionada debido a su diversidad de procesos, la presencia de tres turnos y en particular la existencia de personal con limitaciones físicas. Esto último es peculiar porque en el área de revisión y ajuste laboran personas que tienen algún problema físico, derivado de su desempeño dentro de la empresa (como lastimarse una extremidad o tener lesiones por movimientos repetitivos), pero esos traumatismos al no ser de gravedad, es decir, que no requieren una incapacidad al menos inicialmente, permiten que los empleados puedan desempeñar labores en la mencionada área, como una medida de la empresa para no perder personal ante la alta demanda que tienen. Pero una vez que se recuperan físicamente, ellos regresan a sus puestos habituales, por lo que en el área de revisión y ajuste no hay estabilidad en la cantidad de personas ni el tiempo en el que laboran ahí, lo que de inicio parece ser el factor principal que impacta negativamente la productividad.

En específico, una dinámica como la mencionada es lo que ofrece un contexto rico y complejo para el estudio de la productividad operativa, un tema muy relevante hoy en día para la continuidad de cualquier empresa. Cabe mencionar que toda la información de compañía se obtuvo durante los 6 meses de trabajo *in situ* con sus directivos y empleados.

En cuanto a la recopilación de datos, se llevaron a cabo entrevistas semiestructuradas, con un enfoque que consiste en escuchar todo lo que puedan compartir actores clave [13], en este caso supervisores, operadores de maquinaria y personal de mesas de trabajo. Estas permitieron obtener perspectivas y experiencias relacionadas con la productividad, las cuales se complementaron con observaciones directas para documentar el ambiente laboral, los flujos de trabajo y las interacciones entre el personal y el entorno en el área de revisión y ajuste. En complemento, se realizó un análisis de documentos que incluyó formatos de producción, hojas de instrucción,

reportes de inventarios y diagnósticos clínicos. Este proporcionó una visión histórica y contextual de la empresa, facilitando la comprensión de las prácticas y procesos relacionados con la mejora de la productividad.

Respecto al análisis de los datos cualitativos obtenidos de las entrevistas y observaciones, este se realizó temáticamente, identificando patrones recurrentes, temas clave y subtemas relacionados con la productividad. El enfoque de análisis temático sigue recomendaciones que permiten una comprensión detallada y estructurada de los datos recopilados [14]. Con ello, la información recabada permitió generar un diagnóstico donde se identificaron necesidades reales y se establecieron las bases para realizar afirmaciones sobre el funcionamiento de la organización. Este se realizó de manera objetiva, considerando los diferentes factores identificados durante la investigación y la observación no participante [15], que indican que un determinado observador debe explicar las experiencias que tiene de una organización y de su operar en un esquema de distinción.

Es necesario agregar que para otorgar una estructura adecuada al diagnóstico realizado, se consideró pertinente complementarlo con elementos de mejora continua, concretamente con las dimensiones de Lean Manufacturing conocidas como las tres principales formas de desperdicio, las 3 Mu, que hacen referencia a Muri (sobrecarga), Mura (variabilidad) y Muda (desperdicio), y adoptarlas permitió detectar los tipos de desperdicios existentes y así determinar cuáles son los principales problemas que afectan la productividad.

Finalmente, se aplicó una triangulación de datos para robustecer y corroborar la información recabada [16], fortaleciendo así la validez y fiabilidad de la información que primeramente se obtuvo. Esta metodología mixta y el enfoque de triangulación contribuyeron a mejorar la validez y confiabilidad de los resultados del estudio, contrastando y comparando la información obtenida de diferentes fuentes.

Así, la metodología adoptada en esta investigación ofreció una aproximación completa y rigurosa para abordar la complejidad de la productividad operativa en el área de revisión y ajuste de la empresa estudiada, proporcionando un marco sólido para el análisis y la interpretación de los resultados obtenidos. Una vez presentados los elementos metodológicos, a continuación se exponen aspectos teóricos relevantes para la investigación.

2.1. SUSTENTO TEÓRICO

En cuanto a los elementos teóricos que apoyan la investigación, hay que mencionar la productividad por la importancia que tiene para las sociedades, pues los cambios en ella pueden influir en las condiciones de vida [17]. Es necesario aclarar que en la literatura se identifican varios tipos de productividad, pero la que se retoma aquí es la operativa. Esta se entiende como la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción o servicios y los recursos utilizados para conseguirla, es decir, el uso eficiente de recursos [18]. Otra perspectiva la concibe como la manera en que se usan los factores de producción en la generación de bienes y servicios para la sociedad [19] y también se define como una medida de la eficiencia y la eficacia en la utilización de recursos para producir bienes o servicios [20], lo que también puede entenderse como la relación entre insumos y los resultados dentro de un periodo específico. También se le puede considerar como la relación entre la producción obtenida y los recursos utilizados para lograrla [21].

En [22] se ve la productividad operativa como toda relación entre las salidas y los insumos, por lo que para aumentar la productividad se requiere obtener mejores resultados en los procesos, en otras palabras, hacer más con menos. También menciona que las empresas poseen una serie de insumos concentrados en cinco grandes rubros: materiales, máquinas, mano de obra, métodos y medio ambiente, mejor conocidos como las 5 M, que en algunos casos pueden ser 6 al considerarse la medición. De hecho, la propuesta se encuentra abierta a reconocer más factores que puedan influir en la situación empresarial, ya que esos insumos permiten generar los productos terminados.

Una vez que hay claridad en cuanto a la productividad operativa y su relevancia, enseguida es necesario saber cuáles son los factores que influyen en ella. En ese sentido, se han logrado identificar varios trabajos que, aunque abordan aspectos muy diferentes, han sido de utilidad para evitar los bajos índices productivos [23], [24], [25], [26], [27]. En resumen, los factores que afectan la productividad en cualquier empresa son: 1) mano de obra, 2) materiales, 3) tecnología e innovación, 4) habilidades y capacitación de la fuerza laboral y 5) ambiente y organización laboral [28].

Estos factores son enunciativos más no limitativos, pues los factores dentro de las organizaciones se proveen a las

personas de manera grupal o individual [29], lo cual funge como la razón de ser de la organización, su estructura, el conjunto de los símbolos, así como su visión. Estos factores mantienen una interacción entre la organización y el ser humano que labora, buscando que se logre una efectividad organizativa y, por otra parte, marcan la vida laboral y profesional del personal.

Los anteriores elementos, junto con el diagrama Ishikawa, permiten identificar lo que afecta la productividad, siendo el primer paso para lograr soluciones. En síntesis, este diagrama posibilita conocer todas las posibles causas de un problema para ser analizado, las cuales se colocan en una espina de pescado, donde los factores más relevantes se representan con espinas y las subcausas en espinas menores [30]. Cabe mencionar que un aspecto fundamental para realizar un adecuado diagrama de Ishikawa es categorizar los hallazgos con base en las 6 M: mano de obra, maquinaria, materiales, método, medición y medio ambiente; así, se obtiene mayor claridad al analizar los problemas previo a proponer soluciones.

Para complementar lo expuesto, el acercamiento a herramientas de Lean Manufacturing para abordar el tema de la productividad, se debe a que, pese al transcurso del tiempo, se ha comprobado que estas continúan aportando ampliamente a estudiar y resolver problemas productivos en los diversos tipos de empresas y giros que estas manejan. Investigaciones en años recientes comprueban lo anterior al indagar respecto a las formas en que las herramientas de Lean Manufacturing han beneficiado a empresas en lo productivo, independientemente del método o perspectiva usada [31], [32], [33], [34], [35], [36], [37], [38], [39], [40], [41], [42], [43], [44], [45], [46].

Con relación a lo anterior y antes de terminar este apartado, es pertinente abundar en la herramienta de Lean Manufacturing conocida como las 3 Mu, ya que permite clasificar los problemas que afectan la productividad en los grupos Muda, Muri y Mura, los cuales se enfocan en el desperdicio, la sobrecarga y la variabilidad respectivamente, todos ellos elementos que son limitantes de la productividad [21]. Esto, en combinación con las 6 M, permite que la mayoría de los factores involucrados en la baja productividad presenten modificaciones, pues los procesos suelen tener variabilidad; desperdicio, ya sea en tiempos o productos; y sobrecarga en la capacidad de producción, del personal o tiempos de fabricación.

De forma sintética, las 3 Mu conllevan lo siguiente: la Muri se enfoca en la sobrecarga en las diferentes áreas o procesos, por lo que generalmente se relaciona con la mano de obra, la maquinaria, la medición y el método, aunque no se limita a estos elementos; la Mura se centra en la variabilidad, es decir, en obtener productos no homogéneos que pueden causar problemas con los clientes en específico en cuanto a la calidad, por ello, normalmente se relaciona con las materias primas, el personal, los materiales, las especificaciones, los procesos y las maquinarias y, por último, la Muda tiene como elemento clave el desperdicio o excesos, los cuales no ofrecen valor a la empresa ni resultados positivos para los consumidores y, por ende, se disminuye la productividad. Los desperdicios pueden presentarse en cualquier rubro de la empresa, por lo que esta Mu se puede considerar como la más amplia en ese sentido.

Así, las 3 Mu, junto con las 5 M [21], o mejor dicho, 6 M (considerando la medición) para la presente investigación, son herramientas que apoyan ampliamente para identificar los problemas que afectan la productividad de una empresa y de ahí la pertinencia de retomar ambas junto con las aportaciones del diagrama de Ishikawa. Debido a ello, la principal contribución del trabajo es exponer la realización de un diagnóstico donde se identificaron los factores que afectan la productividad de un área determinada, pero tomando en cuenta las características particulares presentes en la empresa objeto de estudio. Esto es relevante, ya que permite que el diagnóstico sea específico y, por lo tanto, completamente coherente con la realidad en el momento de la investigación. Gracias a ello, se abona a una mejor toma de decisiones dentro de la organización, al tener claridad respecto a

factores negativos que afectan la productividad y así generar acciones encaminadas a mejorarla.

Una vez expuestos los elementos teóricos que apoyan la presente investigación, enseguida se presenta el contexto de la organización objeto de estudio.

2.2. CONTEXTO DE LA ORGANIZACIÓN

La empresa elegida para el estudio tiene más de una década de experiencia en la Ciudad de México, dedicándose al termoformado de plástico y se ha establecido como un actor clave en la industria de transformación de dicho material. Con una fuerza laboral de alrededor de 400 personas, la compañía se destaca por su compromiso con la calidad y la innovación, por medio de sus procesos principales de inyección, compresión y acondicionamiento, cruciales para la producción de componentes eléctricos, dirigidos especialmente a dispositivos electrónicos de consumo.

En ese sentido, a continuación, se muestra la interacción de los procesos existentes en la organización, divididos en estratégicos, centrales y de apoyo. En dicha interacción se encuentra el área de revisión y ajuste (integrada en su momento por 35 profesionales dedicados a garantizar la calidad de los productos finales), que es el objeto de estudio. La Figura 1 presenta los procesos de la empresa, donde destacan los centrales por su peso para lograr la producción, al ser aquellos que transforman las materias primas para obtener los bienes a comercializar. El área de revisión y ajuste participa para asegurar que se llegue bien al empaque y distribución del producto final.

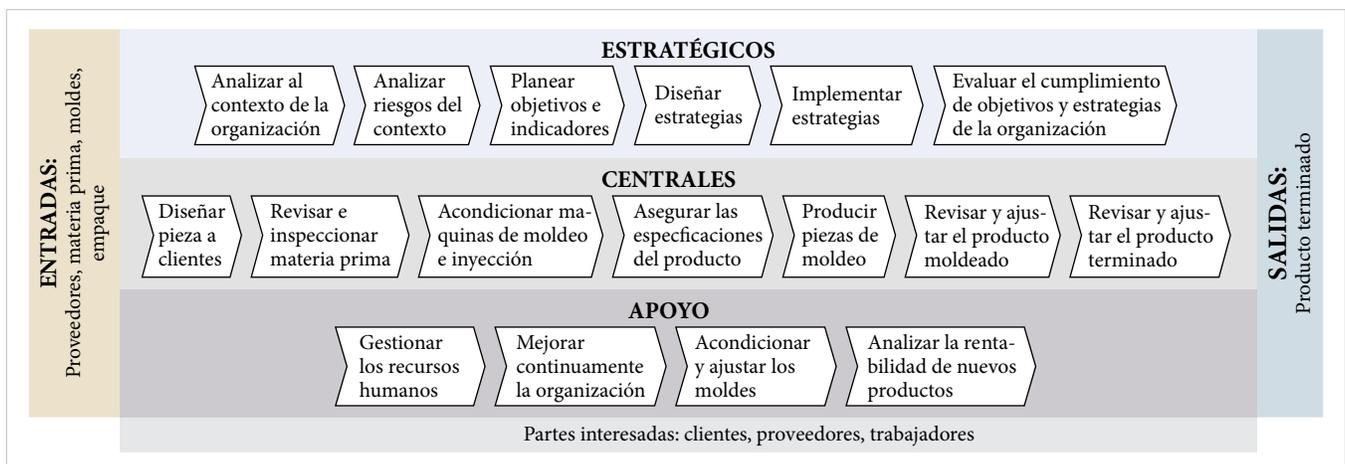


Figura 1. Interacción general de procesos. Fuente: elaboración propia. Los proveedores se consideran como entrada, ya que son los que suministran los moldes y realizan los ajustes correspondientes en la etapa de acondicionar máquinas de moldeo e inyección.

Así, el área de revisión y ajuste es fundamental en la producción porque garantiza la calidad y la eficiencia operativa de la empresa, pese a enfrentar desafíos significativos, incluida la gestión de personal con limitaciones físicas por lesiones o enfermedades. El impacto directo que tiene el desempeño del área para la productividad de la empresa es lo que genera el interés por analizar su caso.

En síntesis, la empresa opera bajo un sistema de procesos interconectados que van desde la planificación estratégica hasta la producción operativa. El área de revisión y ajuste se sitúa en el núcleo de estos procesos, actuando como un puente esencial entre la producción y la entrega final al cliente.

En específico, dentro del área de revisión y ajuste se llevan a cabo cuatro procesos clave: tómbola, sandblasteado, broquelado y acondicionamiento en mesas de trabajo (Figura 2). Ahí se encargan de la eliminación de rebabas, la inspección de calidad y el acabado final de los productos, asegurando que cumplan con las especificaciones requeridas.

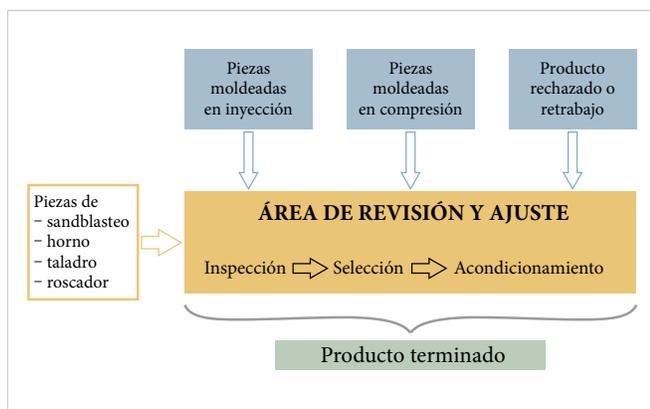


Figura 2. Proceso de revisión y ajuste específico. Fuente: elaboración propia.

Además, el área actúa como un punto de conexión entre los procesos de moldeo por inyección y compresión y los clientes, ya que maneja las piezas terminadas, los rechazos de los compradores y los retrabajos. Aproximadamente, el 80 % de las piezas procesadas pasan por este departamento, lo que refuerza su importancia en la cadena de producción.

Sin embargo, el área de revisión y ajuste enfrenta desafíos en términos de productividad y calidad, con un nivel significativo de *scrap* (74 %, con base en el diag-

nóstico realizado) y bajos niveles de productividad (el promedio para los tres turnos del área era de menos del 50 % de productividad). Estos inconvenientes pueden estar relacionados con los procesos de inyección y compresión, lo que subraya la necesidad de un enfoque integrado para abordar estos problemas. A partir de este contexto se deriva el interés por identificar los problemas que causan la baja productividad.

Expuestos los aspectos teóricos relevantes y el contexto de la organización investigada, en la siguiente sección se abordan los resultados y la discusión de los hallazgos.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE REVISIÓN Y AJUSTE

Previo a exponer los aspectos más relevantes del diagnóstico realizado, es necesario mencionar que en este apartado no se presentan datos cuantitativos obtenidos, debido a que se firmó un acuerdo de confidencialidad de la información con la empresa objeto de estudio, en el cual, a petición de esta, se estableció que no se diera a conocer públicamente información cuantitativa de su situación.

Aclarado lo anterior, el diagnóstico de esta investigación aborda la problemática de baja productividad en el área de revisión y ajuste, y se apoya en el diagrama de Ishikawa o la espina de pescado para identificar todas las causas posibles reconocidas durante la observación en el área, que representan la causa raíz de la baja productividad (Figura 3).

Es pertinente aclarar que una causa raíz o causa origen es aquella que si es eliminada se podría prevenir o disminuir la probabilidad de recurrencia [22]. Por lo anterior, realizar un análisis para identificarla es un proceso delicado donde cometer algún error puede derivar en una mala interpretación y a su vez provocar que el diagnóstico carezca de validez.

En las jornadas *in situ* se presenciaron eventualidades que contribuyeron a fortalecer el diagnóstico para que los factores no se restringieran a analizar una parte del área. Gracias a esto, el diagnóstico pudo ampliarse sin limitaciones a seis factores que, con ayuda del diagrama de pescado, se categorizaron como se muestra en la Figura 3.

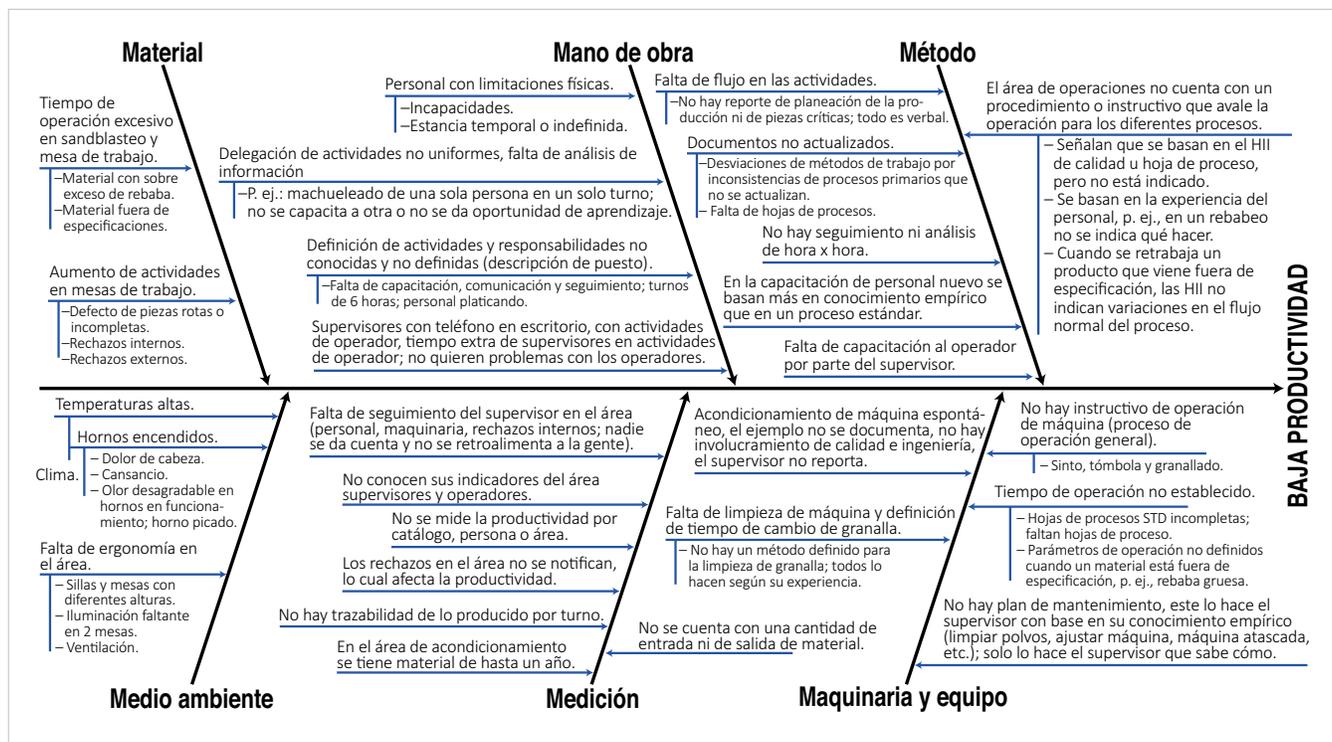


Figura 3. Diagrama Ishikawa de causa raíz del área de revisión y ajuste. Fuente: elaboración propia.

Para generar el diagrama de causa raíz de la Figura 3, es pertinente mencionar que se siguió una metodología en donde se realizaron los siguientes pasos: 1) conformación del equipo de trabajo, integrado por personas de diversas áreas y con conocimientos sobre el problema identificado; 2) recopilación y tratamiento de los datos, donde se obtiene información de diversos medios como los diagramas de flujo, manuales, planes y estadísticas de producción; 3) jerarquización de problemas, que implica determinar cuáles son los elementos que parecen afectar más en el problema planteado; 4) definición del problema, con los elementos anteriores identificados se realizan una serie de preguntas tendientes a tener mayores detalles sobre el problema indagado; 5) análisis causa-efecto, en donde se analiza cada elemento encontrado para determinar las causas y efectos de cada uno, y 6) definición de causa raíz, momento en el cual, gracias a los pasos anteriores, es posible determinar en conjunto qué genera el problema planteado [47].

Las segmentaciones de los factores se determinaron según los problemas presentados en más de tres ocasiones por semana, que se confirmaban con las entrevistas al personal y se reflejaba en los números de la productividad diaria, semanal y mensual. El diagrama de Ishikawa fue un punto de partida idóneo para determinar los problemas de productividad del área de

revisión y ajuste. Para apoyar la determinación de las causas raíz, se recurrió a la herramienta de calidad de los 5 porqués para establecer las subcausas. El análisis se realizó con colaboración del jefe de mejora continua, el gerente de producción, los jefes de turno, los supervisores y los operadores involucrados. Como resultado del análisis de causa raíz, a continuación se resume cada factor identificado y se establecen las principales problemáticas.

3.1.1. Factor material

Durante la observación en el área de revisión y ajuste, se detectó que la productividad de ciertas piezas estaba por debajo del 70 %, lo que sugirió la existencia de un problema generalizado con el material. Al analizar la causa de los defectos encontrados, se identificó que una parte significativa se asociaba con las especificaciones del material, lo que indicaba que ese aspecto era un factor clave a abordar.

En resumen, las principales problemáticas identificadas en relación con los materiales incluyen material fuera de especificación, tiempos no establecidos para la revisión de materiales, roles y actividades no definidos, falta de comunicación y registro de rechazos, ausencia de un flujo de actividades claro en el área de revisión

y ajuste, criterios de calidad mal definidos y liberación inadecuada de material proveniente de otras áreas.

3.1.2. Factor mano de obra

En el área de revisión y ajuste, al menos la mitad del personal trabaja con limitaciones físicas, lo que afecta directamente a la productividad por las incapacidades recurrentes solicitadas y la incertidumbre de no tener certeza de cuánto tiempo trabajaría en esa área. Además, cuando un trabajador se lesiona, es asignado temporalmente al área de revisión y ajuste por el bajo ritmo de trabajo. Se comprobó que las operadoras trabajaban el mismo catálogo durante periodos prolongados y que los supervisores no realizan la capacitación del personal con base en sus perfiles de puesto y responsabilidades.

Así, los problemas identificados en relación con la mano de obra son personal con limitaciones físicas, rotación corta de trabajadores de otras áreas, falta de capacitación y conocimiento empírico, falta de descripción de puestos y actividades, lo que resulta en trabajo no uniforme y repetitivo.

3.1.3. Factor maquinaria

Aquí se encontró que las cinco máquinas existentes tienen una función diferente entre ellas: perforar, desbastar, limpiar y rebajar la mayor cantidad de rebaba posible, pero en estas no existe un estándar para la operación, lo que causa errores, tiempos muertos y potencial daño a las piezas, provocando un retrabajo en exceso dentro del área. Además, se operan y se les da mantenimiento con base solo en conocimientos empíricos, sin revisar manualmente, lo que suele producirse en periodos muy prolongados para reparar las maquinarias.

Operar las máquinas es un reto complejo para los nuevos colaboradores, ya que no existen instructivos de operación ni relación entre los materiales y la maquinaria existente en el área. Además, la operación es espontánea conforme se trabaja con el material, provocando una gran urgencia en cada uno.

Así, es posible establecer los siguientes inconvenientes: trabajo estándar no definido, falta de procedimientos e instructivos, falta de mantenimiento preventivo y correctivo en las maquinarias y, nuevamente, la operación empírica.

3.1.4. Factor medición

En la empresa no se cuenta con mediciones de sus variadas actividades, lo que lleva a la inexistencia de metas medibles que permitan conocer el estado de las acciones y, por ende, no hay control en los procesos productivos. Por otra parte, hay poca retroalimentación en los tres turnos respecto a los defectos de los materiales, lo que resulta en números de producción bajos y que el indicador de productividad no aumente. Esto lleva a generar retrasos también en la trazabilidad del material, a lo que se agrega la falta de un historial de catálogos producidos que evita tener un control de los pedidos de los clientes.

Resulta evidente que la medición es importante, ya que coadyuva a que existan registros de productividad y desempeño, así como instructivos que documenten la resolución de problemas a los que se enfrenta el personal durante los procesos productivos, lo cual, a su vez, permite tener más elementos para tomar decisiones precisas. Por ello, hay problemas para no tener un objetivo medible, trabajar con medición empírica y no registrar rechazos y seguimiento en la producción.

3.1.5. Factor método

Con relación al método, se usan hojas de instrucción que detallan de forma simplificada el proceso de inspección. No obstante, se ha detectado que no están actualizadas y cuando se hacen cambios en el catálogo no se modifican adecuadamente, además, no se especifican los pasos operativos porque se carece de una cultura centrada en la correcta documentación. Por otra parte, se detectó la falta de capacitación al personal, ya que, en el caso de nuevos ingresos, estos eran entrenados por el mismo personal operativo, ya que el supervisor no contaba con tiempo suficiente.

Así, las problemáticas para este factor se concretan en la falta de flujo de actividades, documentación, cultura de llenado de documentos y planeación en la producción, además de que el método de operación existente es empírico.

3.1.6. Factor medio ambiente

Al interior de las instalaciones del área existen hornos que se utilizan para el acabado de algunos materiales, razón por la que están encendidos todos los días, aunque no se usen, afectando al personal con síntomas como

dolor de cabeza, cansancio y un olor desagradable en el lugar de trabajo. Además, las sillas y mesas de trabajo eran incómodas para las operadoras, lo que provocaba que presentaran diferentes movimientos durante la jornada laboral, en algunas ocasiones se ponían de pie, en otras se sentaban y en algunas más solo recargaban un pie. Todo ello afectaba la productividad de las personas, al interrumpir su ciclo natural de trabajo en más de una ocasión durante su turno.

Estas observaciones en el área de revisión y ajuste permitieron ver que el medio ambiente no era el idóneo porque presentaba variables que de algún modo afectan a la salud de las operadoras. De esa manera, los inconvenientes en este factor se resumen en condiciones ambientales desfavorables inadecuada ventilación y problemas ergonómicos.

3.2. EL APORTE DE LAS 3 MU COMO EL PRIMER PASO PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE PRODUCTIVIDAD

Como se mencionó antes, la identificación de problemas es crucial para mejorar la productividad en cualquier proceso, ya que implica la interacción de materiales, personas, maquinaria y espacio para generar un pro-

ducto o servicio. El diagnóstico contribuye a encontrar esos inconvenientes y en el caso de la empresa en estudio, se han detectado problemas integrados en los seis factores ya expuestos. Detenerse en ese punto permite lograr el objetivo propuesto por la investigación, sin embargo, como se mencionó al inicio del documento, resulta enriquecedor incluir los tres elementos conocidos como las 3 Mu: Muri, Mura y Muda, debido a los aportes que ofrecen.

Realizar un cruce entre los elementos presentes en cada factor y las 3 Mu permite agruparlos por Muri, Mura y Muda, proporcionando así una mayor comprensión de los aspectos encontrados. Esto es algo que más allá de complementar el diagnóstico, permite obtener mayores elementos de análisis que coadyuven a generar en el futuro próximo las soluciones adecuadas para resolver la problemática de la productividad en el área de revisión y ajuste, y por ende también de la empresa objeto de estudio.

Aclarado lo anterior, es pertinente presentar un análisis de los 29 elementos presentes en los seis factores (Figura 4), para posteriormente desglosarlos en relación con las Mu.

Material	Mano de obra	Maquinaria y equipo	Medición	Método	Medio ambiente
1. Material fuera de especificación.	1. Personal con limitaciones físicas.	1. Trabajo estándar no definido en los catálogos.	1. No cuenta con objetivos medibles en producción por catálogo.	1. Falta de flujo de actividades.	1. Condiciones ambientales desfavorables.
2. Tiempos no establecidos para la revisión de materiales.	2. Estancias cortas por parte de otros trabajadores de otras áreas.	2. Instructivos de operación no existentes.	2. Medición empírica, pretensión de recordar todo a detalle.	2. Falta de documentación actualizada.	2. Falta de ventilación adecuada.
3. Actividades o roles no especificados.	3. Falta de capacitación.	3. Falta de mantenimiento preventivo y correctivo por el área correspondiente.	3. Falta de procedimiento para medir rechazos.	3. Conocimiento empírico.	3. Problemas ergonómicos.
4. Falta de comunicación y de registros de rechazos.	4. Conocimiento empírico.	4. Procesos de acabados no definidos ni documentados.	4. Falta de seguimiento al material que entra y que se trabaja en el área.	4. Falta de cultura de llenado de documentos.	4. Problemas de iluminación.
5. Sin flujo de actividades en el área, criterios de calidad no definidos, mala liberación de materiales provenientes de otras áreas.	5. Falta de descripción de puestos y actividades y/o roles no especificados, lo que ocasiona trabajo no uniforme y repetitivo.	5. Operación empírica de las máquinas.	5. No existe una producción estándar.	5. Falta de planeación de la producción.	

Figura 4. Hallazgos identificados en el diagnóstico. Fuente: elaboración propia.

Cabe recordar que cada Mu hace referencia a un elemento en específico que afecta el funcionamiento de la

organización y sus actividades, lo que se aborda a continuación.

3.2.1. Muri

Aquí la sobrecarga es lo más relevante, la cual se encontró de inicio en los operarios debido a la falta de especificación en las hojas de instrucción y la necesidad de realizar ajustes basados en el conocimiento tácito. También existe sobrecarga en material, actividades o errores, lo que contribuye a visualizar que esta es una causa raíz general y permite clasificar todas las causas particulares ya mencionadas. El impacto de la sobrecarga es un notorio incremento en errores y disminución de la eficiencia operativa que conduce a una baja productividad en el área, lo que permite validar las causas de esta Mu.

3.2.2. Mura

En este caso, la variabilidad es clave y se identificó en las limitantes físicas del personal del área de revisión y ajuste, ya que, debido a ellas, la manera de desempeñar sus funciones es diferente para cada persona, resultando en variaciones en los procesos. Aunque la variabilidad es muy notoria en el plano operativo, el detalle donde está concentrada ayuda a determinar los factores a atender para darle solución. Una excesiva variabilidad afecta negativamente al derivar en una desigualdad en la calidad del producto y tiempos de producción irregulares. Con este impacto en la productividad es indudable que es una causa raíz del problema.

3.2.3. Muda

Este elemento enfatiza en el desperdicio. En el caso del área de revisión y ajuste, lo que se encontró inicialmente fue la falta de una cultura de documentación adecuada y una deficiente planificación de producción, resultando en material no registrado y almacenado por largos periodos. Lo anterior resulta en el aumento de desperdicios y pérdida de recursos en los diversos procesos existentes, lo que se identificó es un aspecto recurrente en muchas actividades realizadas.

El objetivo de analizar con las 3 Mu es destacar la importancia de abordar los factores identificados bajo la herramienta y obtener más información que permita resolver en el futuro los problemas para mejorar la productividad del área de revisión y ajuste. La Figura 5 proporciona un resumen de los hallazgos y su relación con las Mu, facilitando la identificación de áreas críticas que requieren intervención. Como se observa, los factores de material, método y medio ambiente inicialmente

pueden relacionarse con el desperdicio, mientras que medición y maquinaria con desperdicio y sobrecarga, por su parte la mano de obra tiene correspondencia con las tres, el desperdicio, sobrecarga y variabilidad.

Gracias al uso de las Mu se identificó que en la práctica existen tres causas raíz de la baja productividad: la variación, el desperdicio y la sobrecarga, en cada una de las cuales es posible integrar como subcausas los diferentes elementos que hay en los seis factores obtenidos en el diagnóstico, esto con la intención de clarificar hacia dónde deben dirigirse las posibles propuestas de mejora.

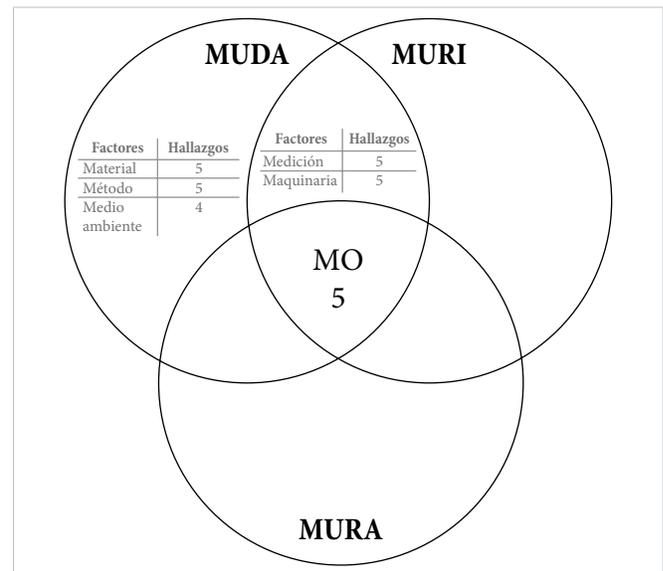


Figura 5. Relación de factores con las Mu. Fuente: elaboración propia.

En ese sentido, como se aprecia en la Figura 6, resulta evidente una mayor carga en Muda, lo que alude al desperdicio como el aspecto de mayor peso. Con base en ello, fue posible determinar que la problemática reside principalmente en los desperdicios de material, maquinaria, medición, método, medio ambiente y tiempos.

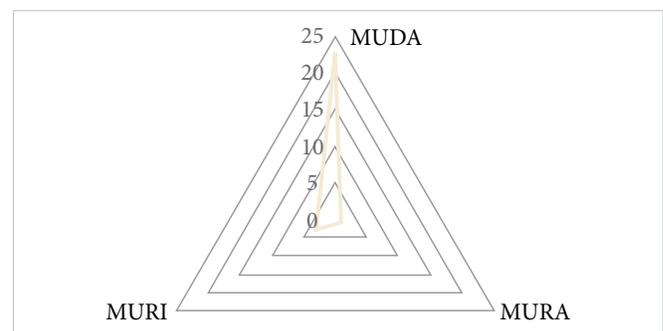


Figura 6. Análisis de hallazgos por cada Mu. Fuente: elaboración propia.

Así, se procedió a agrupar cada hallazgo identificado en los seis factores directamente con las 3 Mu. De esta forma se amplió el diagnóstico inicial permitiendo que para cada elemento fuera evidente la causa que lo pro-

voca, lo que ofrece información necesaria para diseñar estrategias específicas por hallazgo que puedan implementarse en el corto o mediano plazo para mejorar la productividad.

1. Mura (desperdicio)		Mura (variabilidad)	Muri (sobrecarga)
1. Material fuera de especificación.	13. Medición empírica; pretenden recordar todo a detalle.	25. Personal con limitaciones físicas.	26. Estancias cortas en el área. 27. Conocimiento empírico. 28. Operación empírica. 29. Falta de seguimiento a material que entra y que se trabaja.
2. Tiempos no establecidos para la revisión de materiales.	14. Falta de procedimiento para medir rechazos.		
3. Actividades o roles no especificados.	15. No existe una producción estándar.		
4. Falta de comunicación y de registros de rechazos.	16. Falta de flujo de actividades.		
5. Sin flujo de actividades en el área, criterios de calidad no definidos, mala liberación de materiales provenientes de otras áreas.	17. Falta de documentación actualizada.		
6. Falta de capacitación.	18. Conocimiento empírico.		
7. Falta de descripción de puestos y actividades y/o roles no especificados, lo que ocasiona trabajo no uniforme y repetitivo.	19. Falta de cultura de llenado de documentación.		
8. Trabajo estándar no definido en los catálogos.	20. Falta de planificación de la producción.		
9. Instructivos de operación no existentes.	21. Condiciones ambientales desfavorables.		
10. Falta de mantenimiento preventivo y correctivo por el área correspondiente.	22. Falta de ventilación adecuada.		
11. Procesos de acabados no definidos ni documentados.	23. Problemas ergonómicos.		
12. Sin objetivo medible en producción por catálogo.	24. Problemas de iluminación.		

Figura 7. Clasificación de hallazgos en cada Mu. Fuente: elaboración propia.

Como muestra la **Figura 7**, muchos de los problemas se relacionan directamente con el desperdicio de recursos, lo que permite comprender mejor la situación del área de revisión y ajuste. Lo anterior implica que los hallazgos dentro de la Muda pueden atenderse por medio de estrategias similares para combatir los desperdicios, mientras que aquellos en las otras Mu podrían solucionarse con tácticas distintas.

La ventaja de agrupar los problemas por Mu reside en que es posible atenderlos de manera general inicialmente con la intención de que las estrategias sean reproducibles en otras áreas o factores posteriormente.

Un enfoque más amplio como este coadyuva a una implementación eficaz de acciones y una mejora sustancial en el área de revisión y ajuste. La mayoría de los problemas se relacionan con la Muda, las estrategias iniciales para mejorar la productividad deben enfocarse en disminuir el desperdicio de diversas maneras, y hacerlo puede contribuir a que otros elementos necesarios mejoren sustancialmente.

Una vez agrupadas las principales causas considerando los hallazgos, las causas raíz y la observación, el objetivo es que a partir de toda la evidencia generada se cuente con un diagnóstico más completo. Esto implica

una comprensión detallada del contexto existente en el área de revisión y ajuste, permitiendo conocer mejor cada uno de sus componentes, interacciones, fortalezas y debilidades, y considerando múltiples aspectos y dimensiones. Precisamente la incorporación de las Mu al diagnóstico permite lograrlo.

De esta manera, se obtiene un diagnóstico mejorado de la situación actual del área de revisión y ajuste, el cual permite identificar distintos tipos de desperdicios, ineficiencias y excesos que deben atenderse de forma prioritaria para mejorar la productividad. En ese sentido, gracias al diagnóstico hecho, se tuvo la certeza de que el objetivo inicial del área de revisión y ajuste debería ser lograr al menos un 70 % de productividad para cualquier pieza fabricada. Lo anterior posibilita lograr una clara identificación y atención de los problemas en dicha área mediante soluciones acordes a las circunstancias actuales derivadas de las 3 Mu, las cuales al menos inicialmente deben enfocarse en lo siguiente:

- Para Muda: implementación de programas de mantenimiento preventivo, optimización de métodos de trabajo y adopción de prácticas sostenibles.
- Para Muri: redistribución de tareas para equilibrar la carga de trabajo y mejora en la capacitación y uso de herramientas.
- Para Mura: estandarización de procesos y establecimiento de protocolos claros, junto con sistemas de gestión de calidad.

Así, este enfoque amplio no solo contribuye a una implementación más eficaz, sino también a lograr en el corto o mediano plazo una mejora integral en el área de revisión y ajuste.

Para cerrar esta sección vale la pena responder algunas interrogantes. Primero, ¿cuáles son las aportaciones de una metodología como la usada? El retomar la metodología de estudio de caso, apoyada en el uso de herramientas de Lean Manufacturing, permite considerar las características específicas de la organización en cuestión, es decir, ofrece la oportunidad de lograr un diagnóstico hecho a la medida que refleja la realidad que se vive en un momento dado. Lo anterior hace posible la búsqueda de soluciones al problema o problemas detectados, completamente enfocadas en lo que la empresa requiere y en los recursos con los que cuenta.

Derivado de lo anterior, ¿qué tan eficientes pueden ser las soluciones creadas para resolver el problema o problemas? Debido a la consideración amplia del contexto y características de la organización estudiada, se incrementan las probabilidades de que las acciones tomadas sean exitosas, esencialmente porque se cuenta con bastante información específica de cada factor que afecta la productividad y, por ende, es posible focalizarse en elementos que abonen a obtener mejoras.

Respecto a las ventajas y desventajas de este estudio con relación a otros similares, la ventaja más evidente es que el diagnóstico obtenido refleja la situación real de la empresa, por lo que las acciones de mejora y solución son completamente coherentes con la realidad vivida en la organización. Y sobre las desventajas, la principal se resume en que si bien los resultados ofrecidos pueden fungir como una guía para proceder en situaciones similares (baja productividad), no son generalizables debido al contexto y a las características específicas existentes.

Por último, una investigación como esta, ¿en qué otras áreas de la ingeniería industrial, ya sea en el país o fuera de él puede ser de utilidad? Aunque se ha comprobado ampliamente que las herramientas de Lean Manufacturing son idóneas para abordar los problemas de productividad en las empresas, con base en los resultados de la investigación es posible considerar que usar el estudio de caso, en combinación con ese tipo de herramientas, puede dar muy buenos resultados en otras áreas o departamentos que no sean aquellos enfocados en la producción. Esto se debe, en esencia, a que la metodología de estudio de caso fue creada justamente para particularizar las investigaciones y que estas sean de alguna manera únicas, es decir, no importa si hay problemas en el departamento de ventas, de personal, de mercadotecnia o de finanzas, por mencionar algunos. Gracias al estudio de caso siempre se puede conocer de forma amplia el contexto, lo que contribuye a obtener un diagnóstico más focalizado y, por ende, a generar soluciones coherentes con la situación actual, independientemente si se está en México, China, Canadá, Francia, etc.

IV. CONCLUSIONES

La investigación llevada a cabo en el área de revisión y ajuste representa un estudio exhaustivo y sistemático que aborda de manera integral los desafíos de baja pro-

ductividad utilizando un enfoque fundamentado en las metodologías de Lean Manufacturing. La aplicación de herramientas como el diagrama de Ishikawa y el análisis de las 3 Mu ha permitido identificar de manera precisa los factores clave que influyen en la productividad.

La meticulosa clasificación de los problemas encontrados en cada factor bajo las 3 Mu ha proporcionado una estructura coherente y comprensible para el análisis y una posterior propuesta de soluciones. Esta clasificación no solo resalta la complejidad de los desafíos enfrentados, sino que también establece una base sólida para el diseño de estrategias de mejora específicas y orientadas a resultados.

Una propuesta de soluciones futura debe incluir acciones concretas como la implementación de programas de mantenimiento preventivo y la estandarización de procesos, lo que requiere un enfoque pragmático y orientado a la acción. Estas estrategias deben respaldarse por el análisis riguroso hecho y la comprensión profunda de las causas subyacentes de la baja productividad en el área de estudio, lo que funge como el primer acercamiento para solucionar esta problemática.

Además, la identificación de áreas de investigación futura, como la optimización de protocolos de operación y la evaluación del impacto de las intervenciones propuestas en la productividad a largo plazo, sugiere un compromiso constante con la mejora continua y la excelencia operativa. Este enfoque proactivo hacia la investigación y el desarrollo demuestra un compromiso con la innovación y el avance en el campo de la gestión de la productividad.

En conjunto, el presente estudio representa una contribución significativa al cuerpo de conocimientos en Lean Manufacturing y la gestión de la productividad. Su enfoque sistemático, análisis riguroso y diagnóstico detallado no solo proporcionan una comprensión profunda de los desafíos actuales en el área de revisión y ajuste, sino que también sientan las bases para investigaciones futuras y mejoras continuas en la eficiencia operativa.

REFERENCIAS

[1] J. Pérez, “La industria del plástico en México y el mundo”, *Comercio Exterior*, vol. 64, n.º 5, pp. 6-9, 2014.

- [2] Secretaría de Economía. “Plásticos y sus Manufacturas”. Data México. Accedido: abr. 15, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/product/plastics-and-articles-the-reof?sourceTradeBalance=inegiOption&timeNetTradeSelector=Year>
- [3] K. Srinivasan, P. Sarulkar y V. K. Yadav, “Operational excellence of the steel industry using the Lean Six Sigma approach: a case study”, *Int. J. Qual. Reliab. Manag.*, vol. 41, n.º 3, pp. 826-849, 2024, doi: [10.1108/IJQRM-08-2022-0250](https://doi.org/10.1108/IJQRM-08-2022-0250).
- [4] W. A. Rasanjali, A. P. K. D. Mendis, B. A. K. S. Perera y V. Disaratna, “Implementing enterprise resource planning for lean waste minimisation: challenges and proposed strategies”, *Smart Sustain. Built Environ.*, vol. 13 n.º 2, pp. 330-353, 2024, doi: [10.1108/SASBE-04-2022-0068](https://doi.org/10.1108/SASBE-04-2022-0068).
- [5] Š. Markulík, M. Šolc y M. Filo, “Implementation of Quality Tools in Mechanical Engineering Piece Production”, *Appl. Sci.*, vol. 14, n.º 2, pp. 944, 2024. doi: [10.3390/app14020944](https://doi.org/10.3390/app14020944).
- [6] R. Z Radin, J. Y. Tiong, N. Ahmad, y J. Dahala, “Development of framework integrating ergonomics in Lean’s Muda, Muri, and Mura concepts”, *Prod. Plan. Control*, vol. 35, n.º 12, pp. 1466-1474, 2023, doi: [10.1080/09537287.2023.2189640](https://doi.org/10.1080/09537287.2023.2189640).
- [7] S. Baysan, O. Kabadurmus, E. Cevikcan, S. I. Satoglu y M. B. Durmusoglu, “A simulation-based methodology for the analysis of the effect of lean tools on energy efficiency: An application in power distribution industry”, *J. Clean. Prod.*, vol. 211, pp. 985-908, 2019, doi: [10.1016/j.jclepro.2018.11.217](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.217).
- [8] R. Carvalho et al., “Analysis of root causes of problems affecting the quality of hospital administrative data: A systematic review and Ishikawa diagram”, *Informatics*, vol. 156, n.º 104584, 2021, doi: [10.1016/j.ijmedinf.2021.104584](https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2021.104584).
- [9] K. Adib, M. Mazouzi y S. Elyoussoufi, “Investigation of annual trucks fatal accidents in El Hajeb province of Morocco using TRIZ-Ishikawa diagram”, *Heliyon*, vol. 10, n.º 4, e26295, 2024, doi: [10.1016/j.heliyon.2024.e26295](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26295).

- [10] M. Agrawal, "Impact of Ishikawa on the analysis of data in mechanical industries", *Mater. Today Proc.*, vol. 81, parte 2, pp. 1040-1045, 2023, doi: [10.1016/j.matpr.2021.04.376](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.376).
- [11] R. Hernández-Sampieri, *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México, México: Mc Graw Hill Educación, 2018.
- [12] R. E. Stake, *The Art of Case Study Research*. Londres: SAGE, 1999.
- [13] V. Braun y V. Clarke, "Using thematic analysis in psychology", *Qual. Res. Psychol.*, vol. 3, n.º 2, pp. 77-101, 2006.
- [14] D. Rodríguez, *Diagnóstico organizacional*, 8.ª ed. Chile: Alphaomega, 2016.
- [15] S. Aguilar y J. Barroso, "La triangulación de datos como estrategia en investigación educativa", *Pixel-bit*, n.º 47, pp. 73-88, 2015.
- [16] O. H. Pedraza, "Un enfoque sistémico sobre los factores determinantes de la productividad", *Economía y Sociedad*, año IV, n.º 5, pp. 151-175, 1999.
- [17] J. Prokopenko, *Productivity management. A practical Handbook*. Ginebra: International Labour Organisation, 1987.
- [18] J. Medina, "Modelo integral de productividad, aspectos importantes para su implementación", *Revista EAN*, vol. 69, pp. 110 -119, 2010.
- [19] N. G. Mankiw, *Principios de Economía*. México: Cengage Learning, 2021.
- [20] E. Brynjolfsson y A. McAfee, *La segunda era de las máquinas: trabajo, progreso y prosperidad en una época de tecnologías brillantes*. Nueva York: WW Norton & Company, 2014.
- [21] L. Socconini, *Lean Manufacturing. Paso a Paso*. Valencia: Marge books, 2019.
- [22] A. Everett, *Productividad y Calidad*. México: Trillas, 1994.
- [23] P. Mali, *Improving total productivity, MBO strategies for business government, and not-for-profit organizations*. Nueva York: Wiley, 1978.
- [24] E. Mercado, E. A. Díaz y M. D. Flores, *Productividad: Base de la Competitividad*. México: Limusa, 1997.
- [25] F. W. Taylor, *Management Científico*. Barcelona: Editorial Orbis, 1986.
- [26] Z. Torres, "La productividad en las industrias micros y pequeñas de dulces y chocolates, ubicadas en el D.F. y parte metropolitana", tesis doctoral, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, 1997.
- [27] R. Sutermeister, *People and Productivity*. Nueva York: McGraw-Hill, 1976.
- [28] M. M. Cequea, C. Rodríguez y M. A. Núñez, "The productivity from a human perspective: Dimensions and factors", *Intangible capital*, vol. 7, n.º 2, pp. 549-584, 2011, doi: [10.3926/ic.194](https://doi.org/10.3926/ic.194).
- [29] A. Nagi, y S. Altarazi, "Integration of value stream map and strategic layout planning into DMAIC approach to improve carpeting process" *J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 10, n.º 1, pp. 74-97, 2017, doi: [10.3926/jiem.2040](https://doi.org/10.3926/jiem.2040).
- [30] P. Ruiz-López, C. Rodríguez-Salinas y J. Alcalde-Escribano, "Análisis de causas raíz. Una herramienta útil para la prevención de errores", *Revista de Calidad Asistencial*, vol. 20, n.º 2, pp. 71-79, 2005.
- [31] A. Palange y P. Dhattrak, "Lean Manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing", *Mater. Today Proc.*, vol. 46, n.º 1, pp. 729-736, 2021, doi: [10.1016/j.matpr.2020.12.193](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.193).
- [32] R. E. Joseph, N. Kanya, K. Bhaskar, J. F. Xavier, S. Sendilvelan, M. Prabhakar, N. Kanimozhi y S. Geetha, "Analysis on productivity improvement, using Lean Manufacturing concept", *Mater. Today Proc.*, vol. 45, parte 7, pp. 7176-7182, 2021, doi: [10.1016/j.matpr.2021.02.412](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.412).
- [33] L. Mulugeta, "Productivity improvement through Lean Manufacturing tools in Ethiopian garment manufacturing company", *Mater. Today Proc.*, vol. 37, parte 2, pp. 1432-1436, 2021, doi: [10.1016/j.matpr.2020.06.599](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.06.599).

- [34] G. Jimenez et al., "Improvement of Productivity and Quality in the Value Chain through Lean Manufacturing – a case study", *Procedia Manuf.*, vol. 41, pp. 882-889, 2019, doi: [10.1016/j.promfg.2019.10.011](https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.10.011).
- [35] O. Voronova, "Improvement of warehouse logistics based on the introduction of Lean Manufacturing principles", *Transp. Res. Proc.*, vol. 63, pp. 919-928, 2022, doi: [10.1016/j.trpro.2022.06.090](https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.06.090).
- [36] A. Mofolasayoa, S. Younga, P. Martinez y R. Ahmada, "How to adapt lean practices in SMEs to support Industry 4.0 in manufacturing", *Procedia Comput. Sci.*, vol. 200, pp. 934-943, 2022, doi: [10.1016/j.procs.2022.01.291](https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.291).
- [37] M. A. Habib, R. Rizvan y S. Ahmed, "Implementing Lean Manufacturing for improvement of operational performance in a labeling and packaging plant: A case study in Bangladesh", *Results Eng.*, vol. 17, pp. 2590-1230, 2023, doi: [10.1016/j.rineng.2022.100818](https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100818).
- [38] N. Kumar, S. S. Hasan, K. Srivastava, R. Akhtar, R. K. Yadav y V. K. Choubey, "Lean Manufacturing techniques and its implementation: A review", *Mater. Today Proc.*, vol. 64, parte 3, pp. 1188-1192, 2022, doi: [10.1016/j.matpr.2022.03.481](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.481).
- [39] M. Deshmukh, A. Gangele, D.K. Gope y S. Dewangan, "Study and implementation of Lean Manufacturing strategies: A literature review", *Mater. Today Proc.*, vol. 62, parte 3, pp. 1489-1495, 2022, doi: [10.1016/j.matpr.2022.02.155](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.155).
- [40] M. T. Hossen, M. Rafiquzzaman y Y. Arafat, "Productivity improvement through lean tools in cement industry – A case study", *Heliyon*, vol. 11, n.º 3, e42057, 2025, doi: [10.1016/j.heliyon.2025.e42057](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e42057).
- [41] E. L. Vargas y J. W. Camero, "Aplicación del Lean Manufacturing (5s y Kaizen) para el incremento de la productividad en el área de producción de adhesivos acuosos de una empresa manufacturera", *Ind. Data*, vol. 24, n.º 2, pp. 249-271, 2021, doi: [10.15381/idata.v24i2.19485](https://doi.org/10.15381/idata.v24i2.19485).
- [42] J. Ortiz, J. Salas, L. Huayanay, R. Manrique y E. Sobrado, "Modelo de gestión para la aplicación de herramientas Lean Manufacturing para la mejora de la productividad en una empresa de confección de ropa antífama de Lima – Perú", *Ind. Data*, vol. 25, n.º 1, pp. 103-135, 2022, doi: [10.15381/idata.v25i1.21501](https://doi.org/10.15381/idata.v25i1.21501).
- [43] L. M. Perugachi, "Implementación de Lean Manufacturing en la mediana empresa textil de Antonio Ante: estrategias, desafíos y beneficios", *Vitalia*, vol. 5, n.º 2, pp. 331-359, 2024, doi: [10.61368/r.s.d.h.v5i2.190](https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v5i2.190).
- [44] J. R. Gómez, A. Mares y J. D. Rocha, "Aplicación de técnicas Lean Manufacturing para la reducción de desperdicios en un centro de acopio de leche", *Pistas Educativas*, vol. 46, n.º 148, pp. 400-418, 2024.
- [45] C. Campos, J. M. Palomino y G. A. Montoya, "Metodología 5S para incrementar de la productividad en el almacén de una empresa ferretera en Lima", *Llamkasun*, vol. 5, n.º 1, pp. 16-19, 2024, doi: [10.47797/llamkasun.v5i1.127](https://doi.org/10.47797/llamkasun.v5i1.127).
- [46] I. L. Hernández, Z. Castillo, A. Zapata y C. A. Alcalá, "Identificación y Reducción de Tiempos Muertos como Estrategia de Productividad en la Industria Metal-Mecánica", *Ciencia Latina*, vol. 8, n.º 5, pp. 12742-12753, 2024, doi: [10.37811/cl_rcm.v8i5.14726](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14726).
- [47] J. Poveda y M. Guardiola, "Análisis de causa raíz. Técnicas y relación con los sistemas de gestión y las no conformidades", *3C Tecnología*, vol. 8, n.º 2, pp. 84-97, 2019, doi: [10.17993/3ctecno/2019.v8n2e30.84-97](https://doi.org/10.17993/3ctecno/2019.v8n2e30.84-97).

RECONOCIMIENTOS

Agradecemos al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) de México, así como a la Universitat Politècnica de València (UPV) en España, por el apoyo para concluir adecuadamente la investigación expuesta en el presente artículo.