

DOI: <https://doi.org/10.34069/AI/2024.76.04.2>

How to Cite:

Dorantes-Benavidez, F. de J., Martínez-Cruz, M.A., Dorantes-Benavidez, H., Chávez-Pichardo, M., & Acosta-Mendizabal, M.A. (2024). Modelo sistémico de kanban del área de acabados en la industria metal-mecánica. *Amazonia Investiga*, 13(76), 31-41. <https://doi.org/10.34069/AI/2024.76.04.2>




Modelo sistémico de kanban del área de acabados en la industria metal-mecánica

Systemic kanban model of the finishing area in the metal-mechanical industry

Received: February 28, 2024

Accepted: April 20, 2024

Written by:


Felipe de Jesus Dorantes-Benavidez¹ <https://orcid.org/0000-0001-6145-0038>**Miguel Angel Martínez-Cruz²** <https://orcid.org/0000-0002-4431-9262>**Humberto Dorantes-Benavidez³** <https://orcid.org/0000-0003-1490-1873>**Mauricio Chávez-Pichardo⁴** <https://orcid.org/0000-0002-3378-0440>**Marco Antonio Acosta-Mendizabal⁵** <https://orcid.org/0000-0002-7408-9808>


Resumen


El trabajo de investigación tiene la finalidad de modelar un sistema que controle el flujo de materiales utilizando la herramienta de mejora continua (Kanban), al mismo tiempo sirva como un indicador de calidad que especifica la calidad de las piezas procesadas del área de acabados en la industria de Metal- Mecánica TEXNOTEJ S.A de C.V., evitando acumulación de inventarios temporales de producción, permitiendo agilizar las tareas adecuadas y mejorando la gestión eficiente del trabajo. Los datos obtenidos pertenecen a la empresa TEXNOTEJ S.A de C.V. en el que se consideran 12 trabajadores por turno, el departamento a mejorar es el área de terminado a través de un Diseño de una red de modelado sistémico basada en (Kanban) la cual se programa con el software Arena 6ta Edición, que permite asignar adecuadamente la multitarea, así como


Abstract


The purpose of the research work is to model a system that controls the flow of materials using the continuous improvement tool (kanban), at the same time serving as a quality indicator that specifies the quality of the processed parts of the finishing area in the Metal-Mechanical industry TEXNOTEJ S.A de C.V., avoiding the accumulation of temporary production inventories, allowing appropriate tasks to be expedited and improving efficient work management. The data obtained belongs to the company TEXNOTEJ S.A de C.V. in which 12 workers per shift are considered, the department to be improved is the area completed through a Design of a systemic modelling network based on (kanban) which is programmed with the Arena 6th Edition software, which allows appropriately

¹ Maestro en Ingeniería Industrial, Doctorante en Ingeniería de sistemas del instituto Politécnico Nacional, Esime Zacatenco, Profesor UMB- UES Ixtapaluca, Profesor Investigador TECNM-TESOEM Paraje de Isidro S/N, Tecamachalco, México.  WoS Researcher ID: ADX-1914-2022

² Doctor en Ingeniería de Sistemas, Profesor Investigador de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Zacatenco, Ciudad de México.  WoS Researcher ID: ADX-7792-2022

³ Doctor en Ingeniería de sistemas egresado del instituto Politécnico Nacional, Esime Zacatenco, Profesor investigador del TECNM-TESOEM Paraje de Isidro S/N, Tecamachalco, México.  WoS Researcher ID: KFQ-2120-2024

⁴ Doctor en Ingeniería de sistemas egresado del instituto Politécnico Nacional, Esime Zacatenco, Profesor investigador del TECNM-TESOEM Paraje de Isidro S/N, Tecamachalco, México.  WoS Researcher ID: KFS-9130-2024

⁵ Doctor en Ingeniería de sistemas egresado del instituto Politécnico Nacional, Esime Zacatenco, Profesor investigador del TECNM-TESOEM Paraje de Isidro S/N, Tecamachalco, México.  WoS Researcher ID: KMA-0494-2024



incrementar las capacidades eliminando los cuellos de botella.

Palabras clave: Lean manufacturing, Kanban, flujo de materiales, modelado sistémico, control de producción.

Introducción

Actualmente en este mundo altamente globalizado las empresas o instituciones que tienen la necesidad de mantenerse activas en el mercado, necesitan cumplir con las exigencias de calidad, entrega y cantidad de productos y/o servicios sin generar demoras en la fabricación. Una de la filosofías que propone mayores beneficios con el mínimo de los recursos es lean manufacturing, dando origen a una nueva etapa de producción (Tejeda, 2011). Una de las herramientas a aplicar dentro de las áreas de logística y cadenas de suministro en el Kanban, dicha tarjeta viajera es un instrumento de control y representa un factor importante para incrementar la eficiencia y rentabilidad optima en la distribución de los recursos (Herrera et al., 2016).

Por ello la importancia de implementar de manera más eficiente los sistemas de producción complejos en plantas de fabricación, aumentar la productividad permite mejorar las condiciones de maquinado y producción de cada una de las etapas o tareas por realizar de una manera programada. Automatizando la información y procesamientos de los datos, generando una gestión administrativa más eficiente con la programación de los procesos industriales (Mejillones Mamani, 2020). Es una necesidad constante de la Industria 4.0. La evolución de procesamiento de datos para generar estándares (Roza, 2020). A partir de herramientas de calidad como la tarjeta viajera. Debido al cambio constante en las condiciones de fabricación los sistemas de manufactura actuales se apoyan de las nuevas herramientas tecnológicas, sensores y software especializado para tener un control de la manufactura en tiempo real (Lasi et al., 2014).

Existen varias metodologías japonesas de mejora continua enfocadas a mejorar los procesos industriales, la creciente necesidad de tener un control más eficiente de los recursos da rumbo a la implementación de filosofías como la tarjeta Kanban que es una herramienta de manufactura esbelta, encargada de asegurar la producción que el cliente solicita en tiempo y forma (Torralba Martínez et al., 2007) (Shingo, 1985).

assigning multitasking, as well as increasing capabilities by eliminating bottlenecks.

Keywords: Lean manufacturing, kanban, material flow, systemic modeling, production control.

Actualmente las empresas tienen la necesidad de establecer metodologías que les permitan mantener su posición en el Mercado. Además, necesitan un buen sistema de gestión que cumpla con las exigencias de los clientes y aumente su valor agregado (Carballo-Mendivil et al., 2018). La filosofía de manufactura esbelta hace mejoras al proceso industrial eliminando desperdicios y optimizando las tareas de trabajo (Oleghe Omogbai & Saloni, 2016). Es importante implementar la metodología de kanban a través de estrategias sólidas que de forma clara permitan mejorar el proceso productivo aumentando la eficiencia y eficacia mediante una forma organizativa (Drohomeretski et al., 2013).

La filosofía de manufactura esbelta se implementó desde los años cincuenta y sirve de base a la gestión de la calidad y en la coordinación de sus herramientas técnicas (Cirjaliu Bianca & Draghici, 2016). Es fundamental poder resaltar e identificar los elementos esenciales como: operaciones, flujo de materiales, tiempo y logística para poder estandarizar el proceso (León et al., 2017).

Se puede decir que son muchas las herramientas que conforman esta filosofía sin embargo se hace mención únicamente a las principales que pueden ser: Visual Management (Arbós, 2009) (Marinelli et al., 2021). Total Mantenimiento Productivo (TPM) (Álvarez Coello & Segovia Albarracín, 2024). Six sigma (Taghizadegan, 2006) (Ellis, 2020). Poka yoke (Barash, 1990), entre otros.

Existen varias metodologías japonesas de mejora continua enfocadas a mejorar los procesos industriales, la creciente necesidad de tener un control más eficiente de los recursos da pauta a la implementación de filosofías como la tarjeta Kanban que pertenece a la filosofía de lean manufacturing propuesta por Toyoda y Ohnopioneros japoneses en implementar dicho concepto (Padilla, 2010). Encargada de eliminar los desperdicios dentro de la producción, asegurando la calidad de los productos que el cliente solicita en tiempo y forma (Torralba Martínez et al., 2004) (Shingo, 1985).

Actualmente las empresas tienen la necesidad de establecer metodologías que permitan mantener su posicionamiento en el Mercado, la filosofía de lean manufacturing realiza mejoras al proceso industrial eliminando desperdicios y optimizando las tareas de trabajo (Oleghe Omogbai & Salonitis, 2016). Es importante implementar dicha metodología a través de estrategias solidadas y de manera clara y organizacional (Drohomeretski et al., 2013).

Kanban

Diversos autores presentan diversas definiciones de la metodología Kanban, en la presente investigación se considera. La herramienta Kanban como un Sistema que produce la

cantidad necesaria evitando excedentes innecesarios que el mimo evita sobrecargar al equipo de trabajo buscando la producción JIT Justo a tiempo (Gaete et al., 2021).

La definición de Kanban proviene de las palabras japonesas "Kan" y "Ban", que significan tarjetas o tableros visuales. Con esta herramienta se puede realizar una inspección de tipo visual, que puede identificar y mejorar los procesos de fabricación para optimizar sus productos (Visbal Pérez & Thamara, 2013).

En la **Figura 1**. Se muestran los principios utilizados por la metodología kanban (Mitra & Mitrani, 1991).

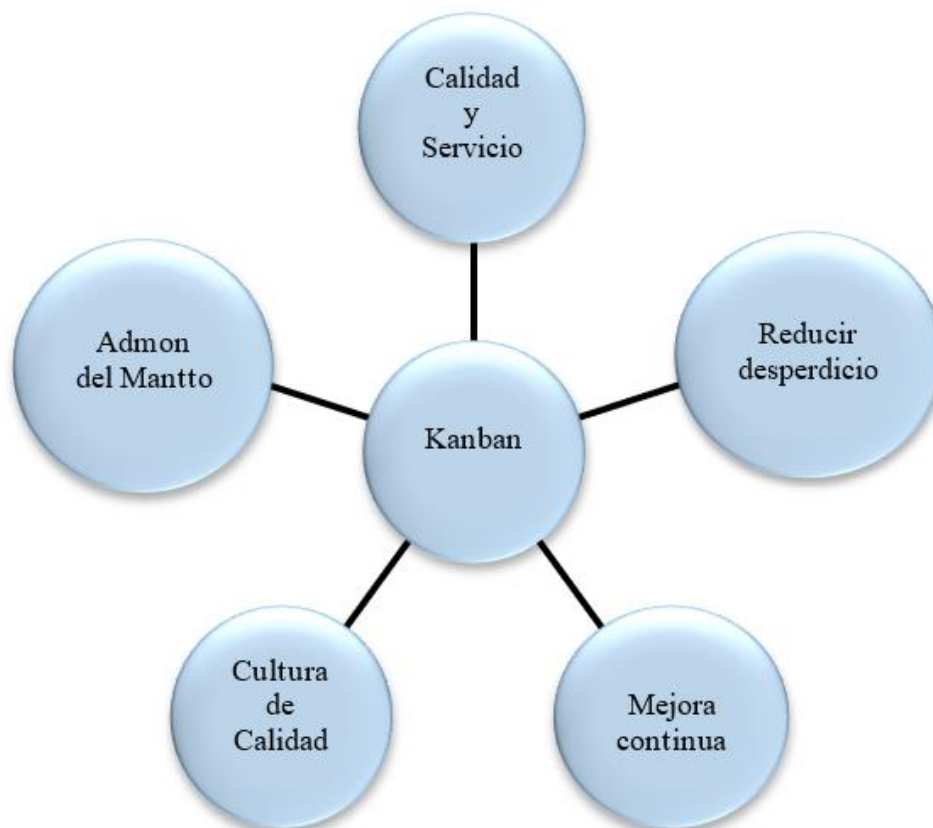


Figura 1. Principios Kanban.

Fuente: Elaboración propia (2021).

El primer principio menciona la Calidad perfecta a la primera: todo lo que debe hacerse bien desde el principio con calidad. No hagas las cosas rápido y con errores, ya que es mucho más caro reprocesar los productos que fabricarlos bien desde el principio.

El segundo principio es la Minimización de residuos: Tiene como objetivo hacer solo lo necesario sin realizar actividades o tareas

adicionales a la producción real del producto (principio YAGNI).

El tercer principio de Mejora Continua: permite mejorar las actividades industriales en la fabricación de productos de acuerdo a cada objetivo previamente planteado para lograr y alcanzar las metas planeadas por la organización.

El siguiente principio es la Flexibilidad: esta está referenciada hacia las tareas a realizar en función

de faltantes o componentes que deban priorizarse según el grado de prioridad que tengan en cuanto a la entrega de las piezas entregadas en tiempo y forma.

Finalmente, el último principio se centró en la Construcción y el mantenimiento: se deben mantener buenas relaciones junto con los proveedores manteniendo una relación con la cadena cliente-proveedor que permita una comunicación efectiva entre el binomio Cliente-Proveedor.

Una tarjeta Kanban permite realizar una determinada tarea paso a paso que describe detalladamente la asignación de la tarea, el responsable de su ejecución, el tiempo estimado para su realización, la identificación de la pieza de cada una de las tarjetas. Es bien conocido el sistema pull, como una tarjeta de viaje de pedidos de clientes en la que el flujo se realiza en sentido inverso pasando por cada puesto de trabajo (Spearman et al., 1990). Esta propuesta trata de eliminar la sobreproducción y que su flujo de materiales sea más fluido, también la aplicación de un sistema kanban con flujo de materiales, donde se puede hacer una separación de los procesos de fabricación y estas tarjetas visualiza el flujo de proceso industrial desde su diseño, desarrollo y validación (Swee et al., 2012). Cada tarjeta kanban representa una alerta al sistema, los cuales se unen para tener un control estable y flexible de las tareas u operaciones del ciclo de vida del producto (Castellano Lendínez, 2019). Recuerde que la metodología implica adoptar un nuevo cambio de cultura de calidad dentro de una empresa por parte de los trabajadores, queriendo incorporar a su estilo de vida laboral sostenido mejorando sus acciones, técnicas e incorporando cada vez más sus herramientas lean en la industria aumentando la productividad y eficiencia de los trabajadores.

Por otro lado, la tarjeta kanban permite comprender el proceso de trazabilidad y el flujo de trabajo documental que se genera para poder realizar un control de procesos asegurando las buenas prácticas y una gestión de la calidad adecuada, fomentando el trabajo en equipo en base a las métricas de la herramienta, que brinda los argumentos necesarios para la toma de decisiones con base en sus efectos (problema) y sus causas que originan dicho problema (Dante Carrizo & Alfaro, 2018).

Hay varias formas de aplicar los sistemas Kanban dentro de las empresas. Para esta investigación en particular, la definición presentada por Acevedo et al. se utiliza en el que menciona que Kanban es una técnica que se basa en un sistema pull el cual elimina la programación centralizada, se realiza lo demandado por los clientes, solo se rotan los materiales necesarios que garanticen la continuidad de los consumidores de la empresa o institución, si no hay demanda del producto, las actividades o tareas que forman parte de la planificación de los productos se paralizan temporalmente, lo que hace que el Sistema de producción se convierta Justo a Tiempo (Quintero Torres et al., 2019).

Metodología Kanban

Se puede aplicar a cualquier sector, ya sea de servicios o industrial, donde la distribución de la materia prima tenga un flujo constante y rutas bien establecidas donde se apliquen de manera controlada las técnicas que permitan asegurar una gestión del control de la producción, en esta investigación se desarrolla el método de la tarjeta viajera o kanban que se ajusta al proceso de fabricación, es decir, es un estudio empírico que muestra la mejora del flujo de materiales en base a un sistema de agente de simulación computacional que permite la asignación adecuada de la distribución de tareas y procesos, conocer de antemano el comportamiento del sistema, tiempos de distribución, cuellos de botella, reprocesos, etc. presentados en la empresa TEXNOTEJ S.A de C.V. es posible generar indicadores para poder medir y tener un control riguroso de los movimientos de materias primas, esto es posible, a través de la integración de eventos que permitan anticipar el comportamiento de sus procesos.

Usando los siguientes pasos:

1. Se realiza un recorrido en planta el cual nos permite conocer el estado actual del proceso para poder realizar las propuestas necesarias, con el apoyo del departamento de aseguramiento de calidad se verifica el código de colores de cada unidad producida y/o maquinaria, así como las tarjetas de viaje kanban utilizadas durante el proceso Ver.

Figura 2.

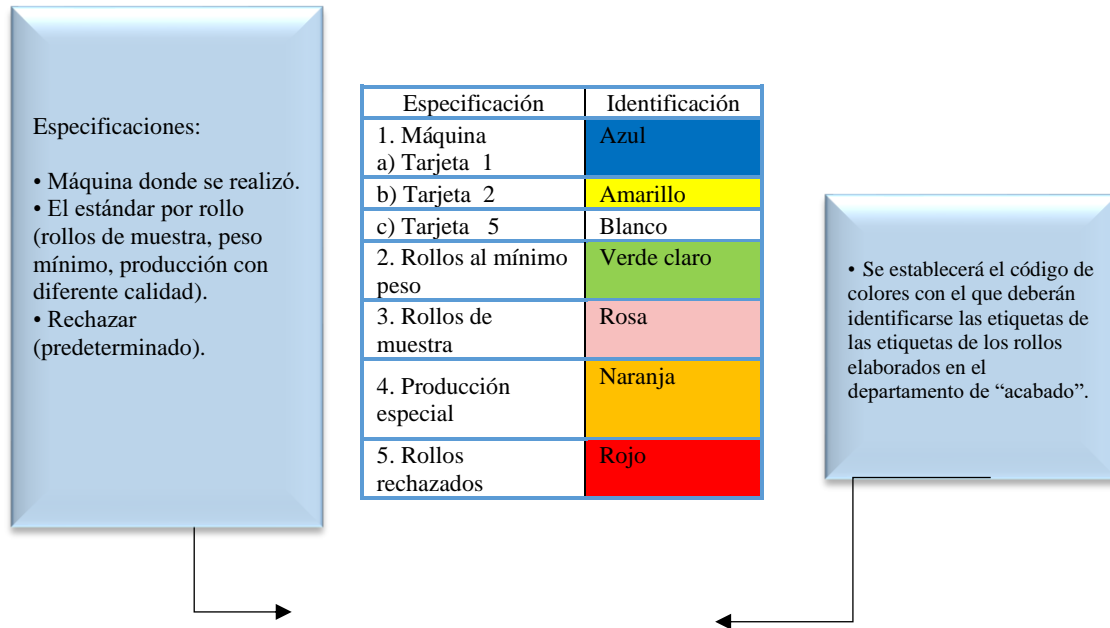


Figura 2. Tarjeta Kanban de No Conformidad.

2. Definir el flujo de trabajo es prioritario ya que la capacitación permite dar a conocer desde la alta dirección hasta los mandos medios el nuevo código de colores que utilizará en sus procesos industriales, es importante mencionar que uno de los requisitos de auditoría del sistema de gestión de calidad es la codificación de sus formatos declarados en su sistema, cualquier cambio en sus documentos de manera inmediata debe modificarse y aprobarse para que se manejen dentro de la empresa, lo más importante en cualquier organización en el manejo de documentos, ya que no puede haber documentos no controlados, por cuestiones de auditoría interna no es posible mantener e implementar instrumentos o

listas de chequeo que no pertenezca al sistema.

3. Capacitación al personal operativo sobre el uso y manejo de las tarjetas de viaje Kanban, es de suma importancia saber cuál es el flujo correcto de materiales, es decir, entender la forma correcta en que se distribuye la materia prima es un factor importante para asegurar la producción en tiempo y forma, las operaciones de cada trabajador se pueden planificar de acuerdo a las necesidades reales de la distribución del material, es importante informar al personal de las tareas de producción previstas maximizando su eficiencia. En la **figura 3** se muestra la capacitación y comunicación efectiva que se ofrece al personal de entrenamiento de la empresa.



Figura 3. Formación del Staff Operativo de la zona de llegada.

4. En función del Stop Inicio, Inicio Finalización de la producción en la que se encuentre a su vez. Los colegas del departamento de acabado deben evaluar al personal operativo con la siguiente decisión: "Defecto Kanban no permitido" o "Kanban aprobado", según corresponda, en el

departamento de acabado. En **Figura 4.** Se observa que, una vez aprobado el producto, será llevado al departamento de acabados en el lugar de almacenamiento asignado para su acabado, en caso de no ser aprobado por el departamento de calidad, se deberá llenar la tarjeta "Rechazo Kanban".



Figura 4. Rollo de tela aprobado Usando Kanban aprobado.

5. La evaluación y seguimiento se realiza a través de un estado actual del sistema que es monitoreado por el software Arena donde se plantea el flujo de materiales y la medición de tiempos.
6. Mediante el uso del modelado de un sistema evolutivo se puede conocer el flujo de materiales, la correcta distribución se puede analizar el estado actual y el estado de mejora continua.

Simulación

Se modela utilizando el Software arena versión 2020 en el cual se integraron dos modelos, el primero muestra el estado actual y la forma de distribución de los rollos, también la nueva forma a través del método kanban. En el primer modelo (estado anterior) del departamento de acabados se muestra en la **Figura 5**. Aquel en el que se observa la forma de operar de manera actual dentro del departamento de acabados desde el ingreso de los pedidos a la empresa por parte del cliente, la especificación técnica de la cantidad

de piezas, la disponibilidad del inventario para la entrega de los productos y el cumplimiento en la venta considerando también las devoluciones y entregas del producto, sin considerar el tiempo en las entregas de los productos, lo que se pretende dentro de la empresa es realizar las entregas de los productos terminados en tiempo y forma ya que las relaciones con los clientes mejoraría al tener la posibilidad de entregar los pedidos a tiempo.

En la **Figura 6**. El modelo de mejora propuesto (estado actual) se muestra con la metodología Kanban considerando tres variables adicionales al modelo que pueden influir en la mejora del sistema y distribución de los productos las cuales son: Distribución, Asignación de Inventario por tarjeta Kanban y Justo tiempo de entrega en la entrega de productos, mejora los índices de producción y corrige deficiencias en las entregas de los productos al cliente potencial, mejora las relaciones laborales y optimiza la productividad de la empresa.

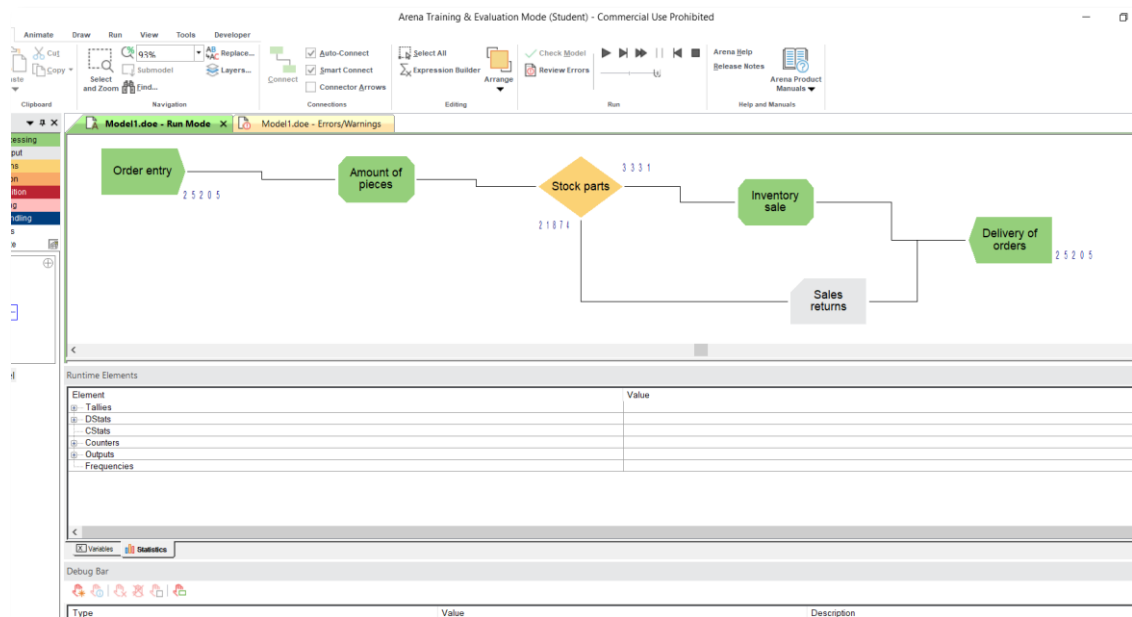


Figura 5. Análisis del estado previo de la zona de acabado.

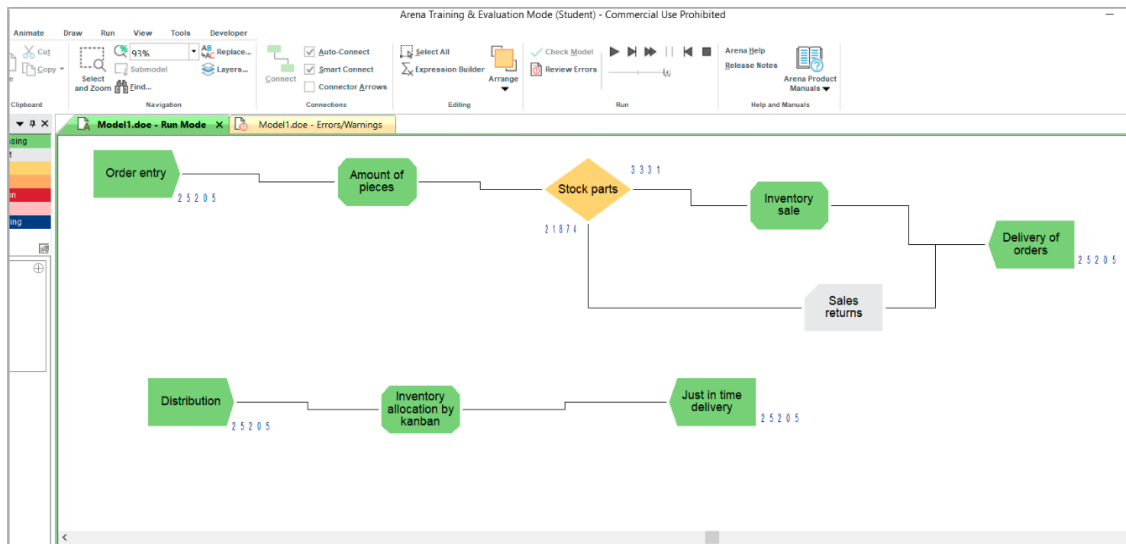


Figura 6. Análisis del estado actual de la zona de acabado

Resultados y Discusión

Esta investigación aplicada tiene como propósito principal implementar una de las herramientas de la filosofía Lean Manufacturing, Kanban específicamente en su área de acabados de TEX NO TEJ S.A de C.V.

En base al objetivo planteado, se considera como población total las ventas totales del año 2021, con el fin de mejorar los métodos anteriores de la empresa con el estado actual que tiene como objetivo obtener una mejora en sus procesos de manufactura, aumentando la productividad de los trabajadores y eficiencia de la empresa principalmente de los departamentos de crudo y acabado. En la **Figura 7**. Los datos obtenidos por arena fueron recolectados a través del reporte de los datos y estos son modelados a través del IBM SPSS Statistics programa versión 27, el cual nos muestra en comparaciones del estado anterior contra el estado actual, en el cual se puede observar que la probabilidad de los datos se

ajusta mejor a la media a diferencia del estado anterior que no hay ajuste en el proceso el cual puede ser interpretado que anteriormente la empresa no seguía un estándar, es decir un indicador que permita medir las entrega de productos al cliente, había sesgo en los datos por lo que no se ajustaba al promedio del proceso, esto es importante ya que mi entrada puede entregar más productos en tiempo y forma es decir, se ajustan al estado actual mejorar la situación de las licitaciones o ventas de la empresa, estabilizando el comportamiento de las órdenes de producción lo que permite mejorar las variables que se mencionaron en esta investigación que son: Distribución, Asignación de Inventario por tarjeta Kanban y en entrega de productos, en el gráfico también se puede interpretar que esta mejora estabiliza el estado actual de producción, generando una menor probabilidad de error que el estado anterior, siempre y cuando se implemente el kanban se continúa con la tarjeta.

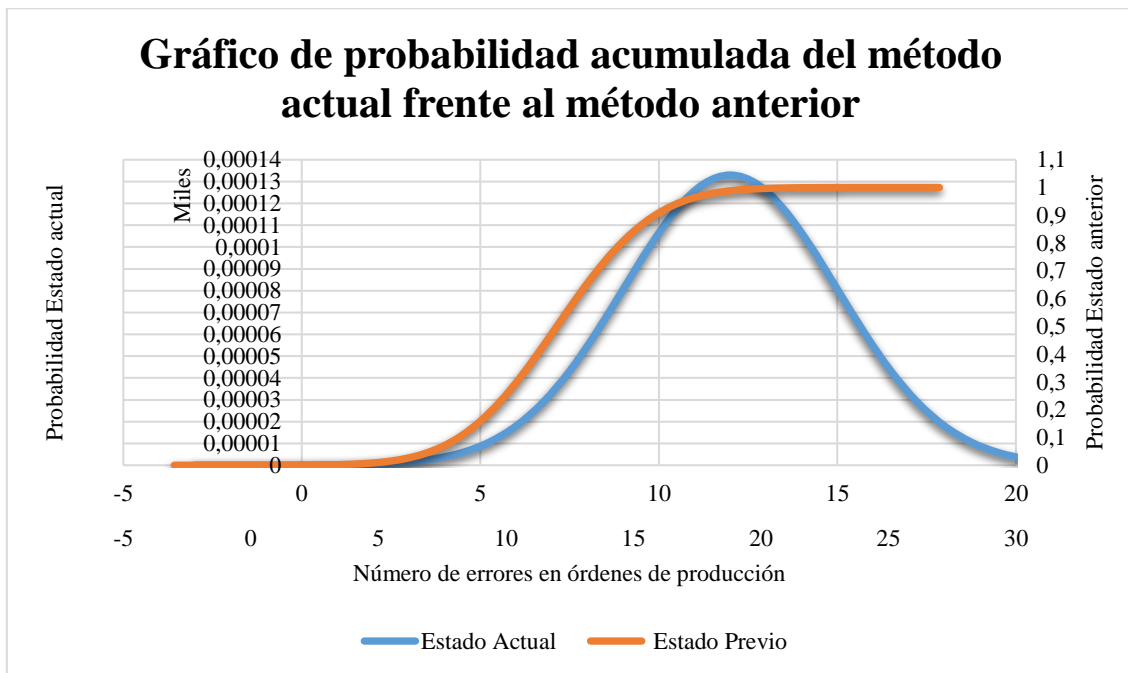


Figura 7. Modelo de simulación de estado actual frente a estado anterior.

Finalmente, se realiza una evaluación ante la alta dirección con el apoyo del departamento de aseguramiento de calidad y se monitorea el

modelo implementado en el área de acabados, con el fin de dar un buen control sobre el flujo de materiales.

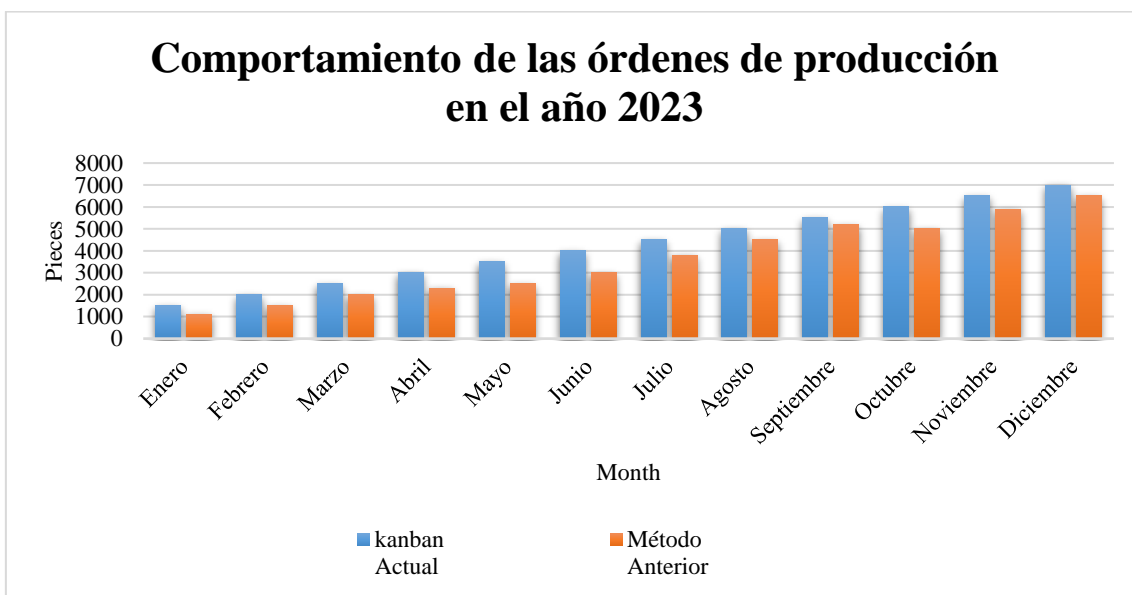


Figura 8. Modelo de simulación para mejorar el proceso productivo del área de acabado.

En la **Figura 8**. Se muestra el comportamiento del estado actual, que permite cubrir con mayor rapidez las órdenes de producción en grandes lotes de piezas al ser enviadas rápidamente a los siguientes procesos, reduciendo tiempos y priorizando las actividades de los trabajadores, maximizando los recursos y optimizando los recursos de la empresa, con la finalidad de mejorar la prioridad de los pedidos de cada mes a través de un sistema de control Kanban.

Conclusiones

En la realización de este proyecto se evaluaron las ventajas y desventajas, así como las limitaciones y factores importantes para implementar la estrategia Lean Manufacturing, en particular la técnica "Kanban". Esta implementación tiene como objetivo supervisar la distribución adecuada de materiales y promover una cultura de producción en el área de

acabados. Además, busca reducir los niveles de inventario y garantizar un flujo eficiente de materiales entre departamentos.

El uso de tarjetas "Kanban" ayudó a identificar deficiencias en el flujo de materiales, como pérdida de tiempo o desperdicio según la filosofía Lean Manufacturing. También se observó el compromiso del personal operativo para utilizar correctamente estas tarjetas en cada departamento.

El análisis de la modelación sistémica de esta investigación busca tener un correcto control sobre la distribución de los materiales del departamento de acabados, a la vez permite establecer indicadores de productividad, aumentando el compromiso de las personas operativas del área de acabados, con el manejo adecuado de la tarjeta kanban e impactando significativamente en la mejorar las condiciones de la planta.

Se recomienda a la empresa dar continuidad al uso de esta herramienta creada para mejorar el seguimiento del flujo de materiales, lo que eventualmente redundará en una mejora de la calidad y la prevención de retrasos en las entregas. Además, es crucial que la alta dirección se comprometa y tome conciencia de la importancia de este proceso, ya que, debido a dificultades previas, la empresa se ha visto obligada a vender su producto con especificaciones distintas a las requeridas por el cliente, lo que ha afectado la coherencia en los códigos de colores. Se ha implementado el uso de tarjetas Kanban en los demás departamentos como parte de esta iniciativa.

Referencias Bibliográficas

- Álvarez Coello, G. A., & Segovia Albarracín, M. S. (2024). *Optimización de la Gestión en un Taller de Servicio Automotriz Especializado en Enderezado y Pintura a través de la Implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM)*. Universidad del Azuay. Obtenido de: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/14111>
- Arbós, L. (2009). *Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible: técnicas de diseño y herramientas gráficas con soporte informático*. Profit Editorial.
- Barash, M. M. (1990). Poka-yoke: Mejora de la calidad del producto mediante la prevención de defectos: NK Shimbun, Editor Productivity Press. *Journal of Manufacturing Systems*, 9(2), 178-179. [https://doi.org/10.1016/0278-6125\(90\)90033-E](https://doi.org/10.1016/0278-6125(90)90033-E)
- Carballo-Mendivil, B., Arellano-González, A., & Ríos-Vázquez, N. J. (2018). La gestión de procesos esbeltos como principio de mejora. Un caso aplicado a una comercializadora. *3C Empresa: Investigación y pensamiento crítico*, 7(3), 60-81. <http://dx.doi.org/10.177993/3comp.2018.070335.60-81/>
- Carrizo, D., & Alfaro, A. (2018). Método de aseguramiento de la calidad en una metodología de desarrollo de software: un enfoque práctico. *Revista chilena de ingeniería*, 26(1). <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052018000100114>
- Castellano Lendínez, L. (2019). Metodología para aumentar la eficiencia de los procesos. *3C Tecnología*, 8(1). <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno/2019.v8n1e29/30-41>
- Cirjaliu, B., & Draghici, A. (2016). Cuestiones ergonómicas en la fabricación ajustada. *ScienceDirect*, 221, 105-110. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.095>
- Drohomeretski, E., Gouvea da Costa, S. E., Pinheiro de Lima, E., & da Rosa Garbuio, P. A. (2013). Lean, Six Sigma y Lean Six Sigma: un análisis basado en la estrategia de operaciones. *Internacional Journal of Production Research*, 52(3), 804-824. <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.842015>
- Ellis, G. (2020). Capítulo 21 - Flujo de trabajo: Kanban y Kamishibai: racionalización justo a tiempo. *Improve*, 401-425. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809519-5.00021-1>
- Gaete, J., Villarro, R., Figueroa, I., Cornide Reyes, H., & Muñoz, R. (2021). Enfoque de aplicación ágil con Serum, Lean y Kanban. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 29(1), 141-157. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052021000100141>
- Herrera, B., Ibáñez, C., Uribe Arboleda, L.D., & Romero, A. (2016). El cliente como factor primordial en la cadena de suministro enfoque en servicio al cliente desde los proveedores. *Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información*, 3(6), 69-75. <http://dx.doi.org/10.21017/rimci.2016.v3.n6.a16>
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., & Feld, T. H. (2014). Industry 4.0. *Business & information*

- systems engineering*, 6, 239-242.
<https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>
- León, G. E., Marulanda, N., & González, H. H. (2017). Factores claves de éxito en la implementación de Lean Manufacturing en algunas empresas con sede en Colombia. *Tendencias*, 18(1), 85-100.
<https://doi.org/10.22267/rtend.171801.66>
- Marinelli, M., Deshmukh, A. A., Janardhanan, M., & Nielsen, I. (2021). Aplicación combinada Lean Manufacturing e Industria 4.0: prácticas y beneficios percibidos. *IFAC-Papers on Line*, 54(1), 288-293.
<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.08.034>
- Mejillones Mamani, W. (2020). *Sistema web para la administración de la producción y almacén*. Universidad pública de alto. Obtenido de: <http://repositorio.upea.bo/jspui/handle/123456789/73>
- Mitra, D., & Mitrani, I. (1990). Análisis de una disciplina kanban para la coordinación de celdas en líneas de producción. *Operations Research*, 39(5), 807-823.
<https://doi.org/10.1287/opre.39.5.807>
- Omogbai, O., & Salonitis, K. (2016). Diseño de mejora ajustada del sistema de fabricación mediante simulación de eventos discretos. *Procedia CIRP*, 57, 195-200.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.034>
- Padilla, L. (2010). Lean manufacturing manufactura esbelta/ágil. *Revista electrónica ingeniería primero issn*, 2076(3166), 91-98. Obtenido de: <https://acortar.link/CxOArI>
- Pérez, V., & Thamara, E. (2013). *Uso del kanban para la gestión administrativa de las comisiones de salud y seguridad laboral*. caso: Universidad Simón Bolívar. Prevención Integral Obtenido de: <https://acortar.link/JMPF1J>
- Quintero Torres, J. D., Andrade Dussan, J. A., & Leal Pérez, J. M. (2019). *Publicación: Aplicación de las herramientas lean manufacturing e industria 4.0 para la mejora en el proceso de producción de la empresa CILINDROS UCC*. Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ingenierías. Obtenido de: <http://hdl.handle.net/20.500.12494/15615>
- Rozo García, F. (2020). Revisión de las tecnologías presentes en la industria 4.0. Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad Industrial de Santander, Colombia. *Revista UIS Ingenierías*, 19(2), 177-192.
<https://doi.org/10.18273/revuin.v19n2-2020019>
- Shingo, S. (1985). *Una revolución en la fabricación: El sistema SMED*. Portland, Oregon. Obtenido de: <https://acortar.link/FxYGcK>
- Spearman, M. L., Woodruff, D. L., & Hopp, W. J. (1990). CONWIP: una alternativa de extracción al kanban. *Revista Internacional de investigación de producción*, 28(5), 879-894.
<https://doi.org/10.1080/00207549008942761>
- Swee, L. C., Mei, Y. C., & Jeng, F. C. (2012). Sistema Kanban lechero para la retirada de placas de circuito impreso sin procesar a equipos montados en superficie. *Revista de Ingeniería y Gestión Industrial*, 5(2), 382-405. <https://doi.org/10.3926/jiem.352>
- Taghizadegan, S. (2006). *Fundamentos de Lean Six Sigma*. ScienceDirect
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-370502-0.X5000-0>
- Tejeda, A. S. (2011). Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos. *Ciencia y Sociedad*, XXXVI(2). Obtenido de: <https://acortar.link/Mxxzm2>
- Torralba Martínez, J. M., Rodenes, A. M., Puig Camps, J. A., & Aragon Serna, M. D. (2004). *Reingeniería de procesos y Transformación organizativa*. Colombia, Alfaomega. Obtenido de: <https://catalogosiidca.csuca.org/Record/UES.36526/Details#description>