

PROYECTO DE TITULACIÓN
BALANCEO DE LÍNEAS PARA EL MEJORAMIENTO Y PREVENCIÓN DE RIESGOS
DENTRO DE LA EMPRESA MADDEE RASCADEROS Y VOLADEROS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA:

HÉCTOR ALEJANDRO CARREÓN ESPINOZA

ASESOR:

ALEJANDRO PUGA VARGAS

NOVIEMBRE

Índice

CAPÍTULO 1: PRELIMINARES.....	4
2. Agradecimientos.	4
4. Lista de Tablas.....	6
Lista de Figuras	7
CAPÍTULO 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO.....	8
5.- Introducción	8
6. Descripción de la empresa u organización y del puesto o área del trabajo del residente.	9
7. Problemas a resolver, priorizándolos.	11
8. Justificación	12
9. Objetivos (General y Específicos).....	13
CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO	14
10. Marco Teórico (fundamentos teóricos).	14
CAPÍTULO 4: DESARROLLO	46
11. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.	47
Cronograma de actividades.....	60
CAPÍTULO 5: RESULTADOS	61
12. Resultados.....	61
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES.....	63
13. Conclusiones del Proyecto	63
CAPÍTULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS	64
14. Competencias desarrolladas y/o aplicadas.	64
CAPÍTULO 8: FUENTES DE INFORMACIÓN	65
15. Fuentes de información	65
Referencias.....	65
CAPÍTULO 9: ANEXOS.....	69
17. Anexos.....	69

CAPÍTULO 1: PRELIMINARES

2. Agradecimientos.

En primer lugar, agradezco a mis padres Amador Carreón Beltrán y Rafaela Espinoza Rodríguez, que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir mis objetivos personales y académicos. Ellos son los que me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas.

Mis hermanos que gracias a sus consejos y apoyo me han ayudado a sobresalir de diversas situaciones, formaron parte de este proceso tan importante, siempre me apoyaron y me motivaron a dar lo mejor de mí.

Le agradezco muy profundamente a mi tutor Alejandro Puga Vargas por su dedicación y paciencia, sin sus conocimientos no hubiese podido lograr llegar a esta instancia tan anhelada.

Agradecer a los dueños de MADDEE, al señor Humberto y la señora Alesley por darme la oportunidad de formar parte de su equipo de trabajo.

A mi pareja Alexandra Kaory, que en todo momento fue un apoyo incondicional en mi vida, gracias por haberme acompañado en este largo camino, por creer en mí cuando yo mismo dudaba de mí y por alentarme a seguir adelante en los momentos más difíciles.

Gracias a mis amigos de la universidad por todo el apoyo, por cada momento de alegría y tristeza, y sobre todo por su amistad, por cada una de nuestras ocurrencias y momentos que quedaran guardados en mi memoria.

3. Resumen.

La empresa MADDEE Rascaderos y Voladeros. Se dedica a la fabricación y venta de productos para el cuidado y crianza de los gallos. Teniendo como principales clientes a 5 personas dedicadas a la venta de productos para cuidado y crianza de gallos, a su vez siendo una empresa que vende al mayoreo y por menor a compradores que utiliza los productos fabricados para sus propios fines, el compromiso como empresa es ofrecer los más altos estándares de calidad a nuestros clientes.

En la empresa MADDEE Rascaderos y Voladeros no se cuenta con un adecuado balanceo de líneas en el área de producción, ocasionando que haya demasiados cuellos de botella, y desorden al estar en el proceso de fabricación. Al no estar con un flujo continuo, llegan a suceder errores, suele suceder muy seguido que el producto no cuenta con las especificaciones requeridas por el cliente, ocasionando perdidas y disgusto por parte de los clientes, esto mismo atrasando las fechas de entrega. También se llevan a cabo varios reprocesos, ya que los operadores al estar bajo presión, suelen en veces no unir bien los alambres que forman a la jaula, al estar analizando el proceso se observó que no tenía un buen layout, dentro del proceso de fabricación, ya que varias operaciones tenían que estarse pasando de orilla en orilla para poder seguir con el siguiente paso de fabricación, del cual quita tiempo y puede ocasionar accidentes, ya que se fabrica una cierta cantidad de piezas y se trasladan cerca de los demás operadores.

El desarrollo de dicho proyecto espera mejoras en cuanto al proceso de producción, flujo de información, evitando desperfectos en los pedidos de los clientes y mejorando la calidad del producto fabricado, esto mismo aumentando más las ventas y disminuyendo los accidentes dentro de la fábrica.

4. Lista de Tablas

Tabla 1 Cronograma de actividades.....	60
--	----

Lista de Figuras

Ilustración 1 Organigrama de la empresa.....	9
Ilustración 2 Mapa de clientes.....	10
Ilustración 3 Diagrama de Ishikawa.....	12
Ilustración 4 Diagrama de proceso.....	46
Ilustración 4. 1 Ruta crítica MADDEE Excel	47
Ilustración 4. 2 Ruta crítica MADDEE Excel	47
Ilustración 4. 3 Comprobación de ruta crítica	48
Ilustración 4. 4 PDCA MADDEE.....	49
Ilustración 4. 5 Kanban MADDEE	50
Ilustración 4. 6 Mejora al Kanban MADDEE.....	51
Ilustración 4. 7 Layout MADDEE sin medidas	52
Ilustración 4. 8 Layout MADDEE con medidas	53
Ilustración 4. 9 Formato 5 S	54
Ilustración 4. 10 Área de punteo sin aplicar 5 S	55
Ilustración 4. 11 Área de punteo sin aplicar 5 S	56
Ilustración 4. 12 Área de punteo aplicado 5 S	57
Ilustración 4. 13 Área de alambres.....	58
Ilustración 4. 14 Acomodo de alambres	59

CAPÍTULO 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO

5.- Introducción

El presente proyecto tiene como objetivo Desarrollar e implementar un balanceo de línea de las actividades de la empresa MADDEE Rascaderos y Voladeros, donde los trabajadores cuenten con una carga de trabajo homogéneas para así evitar los desperdicios en el área de producción y tiempos muertos, disminuyendo los riesgos por accidentes y desperdicios.

El balanceo de líneas, también conocido como equilibrado de líneas o nivelación de líneas de producción, es un proceso en la gestión de operaciones y de la ingeniería industrial que se utiliza para distribuir de manera equitativa el trabajo y las tareas entre las estaciones de trabajo en una línea de producción. A lo largo de esta cuartilla, exploraremos los fundamentos, alcances y beneficios que este proyecto aportara para la organización, sentando así las bases para un entorno operativo mas eficaz. Este proyecto propone desarrollar e implementar varias metodologías, que sean de gran ayuda, dando así una solución viable para que el proyecto sea cumplido a la perfección, con las soluciones dadas, se espera la mejora de la línea de producción, aumentando la producción, y evitando los cuellos de botella, también se abordó lo del tema de seguridad para los operadores. El cual se basará en lo ergonómico, tratando de facilitarle el trabajo al operador y evitándole accidentes. El balanceo de línea es una práctica esencial en la gestión de la producción que contribuye significativamente a la eficiencia operativa y la competitividad de una empresa. Implementar correctamente técnicas de balanceo de línea puede llevar a mejoras notables en la productividad, la calidad del producto y la satisfacción del personal, proporcionando una base sólida para el éxito a largo plazo en el mercado industrial.

6. Descripción de la empresa u organización y del puesto o área del trabajo del residente.

MADDEE es una compañía mexicana de la industria avícola especializada en la fabricación de productos para el cuidado y crianza de gallos, es una empresa en crecimiento actualmente cuenta con 8 años de trabajo y ha conseguido posicionarse rápidamente para conseguir comercializar sus productos dentro del país y con ventas también en Estados Unidos de Norte América con la finalidad de generar productos de excelente calidad que satisfagan las necesidades del cliente. La empresa fue fundada en el año 2017 ante Hacienda en Rincón de Romos, Aguascalientes, pero iniciando operaciones en 2016, los fundadores de la empresa son Alesley Alezky Durón Villalobos encargándose del área administrativa y Humberto Dena Cisneros encargándose del área de producción. Ha cambiado de cedes por cuestiones de crecimiento y aumento de la producción comenzado en el patio de su casa con 5 empleados hasta situarse en la locación actual con una cantidad de 34 empleados. En cuestiones de la empresa actualmente Alesley Alezky Duron Villalobos es en cuestiones de legalidad Dueña de la empresa y Humberto Dena Cisneros es el gerente general de la empresa.

Misión: N/A

Visión: N/A

Objetivos: N/A

Organigrama:

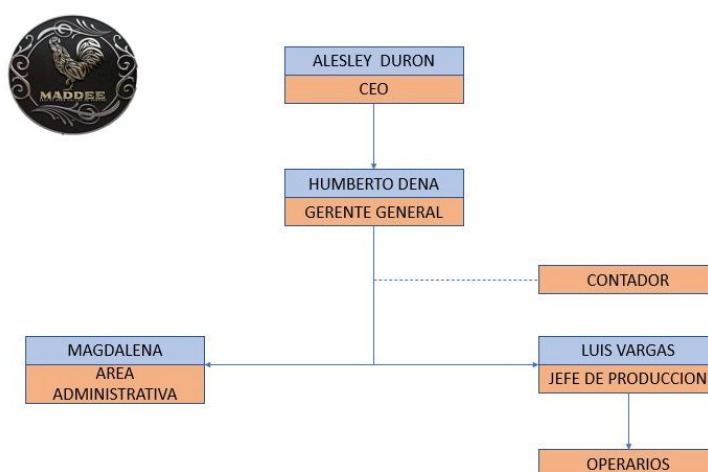


Ilustración 1 Organigrama de la empresa

Fuente: MADDEE Rascaderos y Voladeros, 2024

Principales clientes de la empresa.



Ilustración 2 Mapa de clientes

Fuente: MADDEE Rascaderos y Voladeros, 2024

7. Problemas a resolver, priorizándolos.

En la línea de producción, área dedicada a la fabricación de jaulas para gallos. Se observo una problemática a la hora de estar en proceso la jaula, ya que no tenía un orden de fabricación, cada malla que se elaboraba se distribuía a cada una de las diferentes actividades, haciendo que no se tenga un orden, esto mismo en ocasiones causa errores al momento de las unión, o en la colocación de los seguros, dado a que no existe un orden en el proceso, es más fácil que los operadores llegue a confundirse.

Se han presentado problemas relacionados con calidad y mala comunicación por parte de las partes internas en los pedidos de los clientes, dando una insatisfacción a los clientes y ocasionando que la empresa pierda prestigio. Es muy frecuente encontrar estos problemas más cuando se tiene un pedido grande, en dadas ocasiones si son notables los problemas en la fábrica, y aun se pueden solucionar, en otras ocasiones se han dado cuenta ya hasta que le entregaron al cliente, haciéndolo más imposible de poderlo cambiar o solucionarlo.

La falta de comunicación dentro de la línea de producción es escasa, ya que los trabajadores, al que esta de encargado de esa área, ha trabajadores nuevos solamente les explica una sola vez, dejándolos hacer el trabajo sin estar más aptos para el trabajo, otra cosa que se lleva a cabo es que está en constante cambio a los operadores de sus máquinas, haciendo que al estar en otro proceso pierdan la agilidad o se les dificulte realizar el nuevo proceso.

La máquina de cortado la cual se encarga de ir cortando y enderezando a cierta medida los rollos de alambre, suele zafarse muy constante, cuando pasa esto se hace un paro total de la máquina, para poderla volver a poner el alambre, esto ocasiona que no se tenga un buen abasto de alambre para que los trabajadores sigan trabajando, en ocasiones dejan a una persona cuidando la maquina en horas fuera de su horario, para que al día siguiente los demás trabajadores tengan un buen abasto del material para poder trabajar continuamente. Actualmente se cuenta con 3 máquinas de cortado, pero en ocasiones por falta de mantenimiento. Solamente tiene 1 o 2 máquinas trabajando, no sacando provecho de las 3 máquinas.

8. Justificación

Para MADDEE Rascaderos y Voladeros es de gran importancia contar con parámetros y controles de las operaciones para asegurar una entrega a tiempo y con las necesidades establecidas por el cliente, garantizando la satisfacción de nuestros clientes, disminuyendo los errores y costos de producción.

El desarrollo de este proyecto tiene como objetivo regularizar y estandarizar los procesos de producción, para así de esta manera poder llevar un mejor control en la fabricación de los productos y se prevé que se eviten demoras para tener un buen servicio de los clientes.

Al realizar el proyecto se analizarán los procesos de producción para identificar cuáles son las principales fallas que se presentan y cuál es su causa raíz, para poder solucionar los problemas. La implementación de este proyecto, espera mejoras tanto a aumento de la eficiencia, aumento de la calidad, reducción de tiempos. Facilitando a los operadores a tener un mejor entorno de trabajo, permitiendo el manejo adecuado de equipos.

Diagrama de Ishikawa

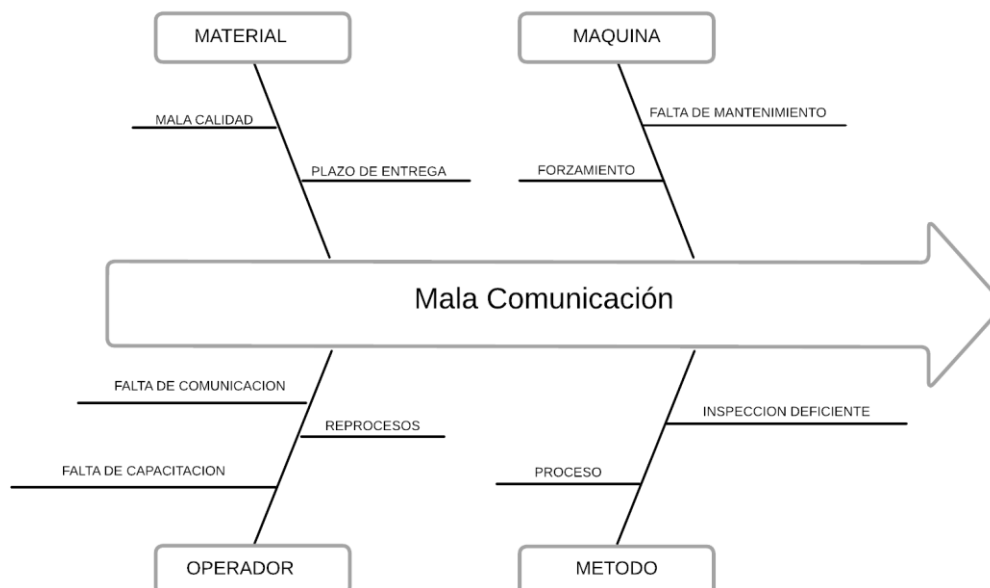


Ilustración 3 Diagrama de Ishikawa

Fuente: MADDEE Rascaderos y Voladeros, 2024

9. Objetivos (General y Específicos)

Objetivo general

Desarrollar e implementar un balanceo de línea de las actividades de la empresa MADDEE Rascaderos y Voladeros, donde los trabajadores cuenten con una carga de trabajo homogéneas para así evitar los desperdicios en el área de producción y tiempos muertos, incrementando la producción en un 20%.

Objetivos específicos

- Elevar la producción en un 50% identificando y eliminando los tiempos muertos dentro del proceso de producción.
- Disminuir el inventario de proceso en un 50%
- Eliminar los riesgos por movimiento de materiales, equipo y personal en un 100%.

CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO

10. Marco Teórico (fundamentos teóricos).

10.1 Definición

El balance de líneas es un factor crítico para la productividad de una empresa, su objetivo es hallar una distribución de la capacidad adecuada, para asegurar un flujo continuo y uniforme de los productos, a través de los diferentes procesos dentro de la planta, encontrando las formas para igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones, para maximizar aprovechamiento posible de la mano de obra y del equipo, y de ese modo reducir o eliminar el tiempo ocioso. (Orozco, 2016)

El balanceo de líneas es una herramienta muy importante para el control de la producción, dado que una línea de fabricación equilibrada permite la optimización de variables que afectan la productividad de un proceso tales como: inventarios de producto en proceso, los tiempos de fabricación y las entregas parciales de producción. El objetivo fundamental de un balanceo de líneas corresponde a igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones del proceso. (Br. Vertiz Vereau, 2019)

El balanceo de líneas es una pieza clave para la productividad de una empresa, tiene como objetivo hallar una carga de trabajo adecuada para asegurar un flujo continuo y uniforme de los productos, minimizando los cuellos de botella, optimizando el rendimiento y garantizar que el flujo de producción sea lo más eficiente posible, Implica asignar tareas y tiempos de ciclo a cada estación de trabajo de manera que se logre una distribución equilibrada de la carga de trabajo. Esto implica tener en cuenta factores como la capacidad de producción de cada estación, las restricciones de tiempo, las capacidades del personal y otros recursos necesarios. La tasa de producción se refiere a la cantidad de productos que se puede producir en un tiempo determinado, al tratar de realizar una mayor tasa de producción puede darse el caso de que disminuya la calidad de los productos, lo cual puede ocasionar costos más altos. Cuanto más complicado y preciso sea el producto final, más tiempo llevara poder producirlo. La eficiencia se refiere a la

capacidad de lograr los resultados deseados con el mínimo posible de recursos y a su vez consigue un máximo de beneficios.

Ruta Crítica (CPM)

La ruta crítica es una estrategia de organización que permite evaluar el alcance de las actividades de un proyecto, es decir, lo que tiene que hacerse, los recursos que se necesitan para su desarrollo y determinar quiénes son responsables de ellas. Asimismo, ayuda a ordenarlas según su duración estimada para que así sea más sencillo trazar una ruta a seguir y saber con claridad cuándo estará listo el resultado. (Rojas, s.f.)

Beneficios

- **Planificación del tiempo:** Permite una mejor planificación del tiempo al enfocarse en las actividades críticas que determinan la duración total del proyecto.
- **Priorización de recursos:** Facilita la asignación eficiente de recursos a las actividades críticas para garantizar que se completen a tiempo.
- **Control del proyecto:** Proporciona un punto de referencia claro para el seguimiento y control del progreso del proyecto. Los gerentes de proyecto pueden enfocar sus esfuerzos en las actividades críticas para evitar retrasos en la finalización del proyecto.
- **Identificación de riesgos:** Ayuda a identificar y gestionar los riesgos potenciales que podrían afectar negativamente la ruta crítica y, por lo tanto, la finalización del proyecto.

Usos

- Que el proyecto sea único, no repetitivo, en algunas partes o en su totalidad.
 - Que se deba ejecutar todo el proyecto o parte de él, en un tiempo mínimo, sin variaciones, es decir, en tiempo crítico.
 - Que se desee el costo de operación más bajo posible dentro de un tiempo disponible.
- (Acosta)

Etapas

- Definir el proyecto con todas sus actividades o partes principales.
- Establecer relaciones entre las actividades. Decidir cuál debe comenzar antes y cuál debe seguir después.
- Dibujar un diagrama conectando las diferentes actividades en base a sus relaciones de precedencia.
- Definir costos y tiempo estimado para cada actividad.
- Identificar la trayectoria más larga del proyecto, siendo ésta la que determinará la duración del proyecto (Ruta Crítica).
- Utilizar el diagrama como ayuda para planear, supervisar y controlar el proyecto. (Ariza Soler, 2017)

Just in Time

Se puede decir que el Justo a Tiempo es una filosofía en la cual se busca la eliminación de desperdicios, por medio de la logística y producción, cuyas características son los bajos inventarios, mayor calidad y servicio al cliente. (Rodriguez, 2007)

El método del justo a tiempo se fundamenta en la reducción del desperdicio y en la calidad de los productos y servicios que puede ofrecer una empresa, a través de un profundo compromiso de todos los integrantes de la empresa, así como una buena orientación de sus tareas, esto ayudara de una forma u otra a una mayor productividad, menores costos, mayor satisfacción del cliente, calidad, mayores ventas y con todos estos puntos a favor tendremos mayores utilidades para la organización. (Badillo Carrasco, 2018)

La filosofía Justo a Tiempo reduce o elimina el desperdicio en las actividades de compras, fabricación, distribución y apoyo de la fabricación (actividades de oficina) en un negocio manufacturero. La filosofía logra aplicarse utilizando los tres componentes básicos: flujo, calidad e intervención de los empleados. (Albano, 2008)

Pretende disminuir los despilfarros generados en el proceso para así reducir los costos de fabricación, como su propio nombre lo menciona, se procura producir las cantidades exactas y en el momento preciso (lead time) de las unidades solicitadas. De tal forma que cuando un cliente requiere un pedido se logre satisfacer a la demanda en los plazos establecidos y así mejorar el nivel de servicio de la empresa. (Checa Huaccha, 2022)

Elementos para eliminar los desperdicios:

- Imponer equilibrio, sincronización y flujo en el proceso, ya sea donde no existan o donde se puedan mejorar.
- La actitud de la empresa hacia la calidad: “hacerlo bien a la primera vez”.
- La participación de los empleados, requisito previo para la eliminación de los desperdicios. (Albano, 2008)

Características

- **Producción según la demanda:** Los productos se fabrican solo cuando se necesitan para satisfacer la demanda del cliente. Esto minimiza el inventario almacenado y reduce los costos asociados con la obsolescencia y el exceso de existencias.
- **Entrega justo a tiempo:** Los componentes y materiales se entregan a la línea de producción justo antes de que se necesiten, evitando la necesidad de almacenamiento prolongado y reduciendo los costos de transporte y almacenamiento.
- **Flujo continuo:** Se busca mantener un flujo continuo de producción sin interrupciones ni tiempos de espera. Esto requiere una sincronización precisa de los procesos de producción y una identificación y eliminación de cuellos de botella.
- **Calidad:** El sistema Just In Time pone un fuerte énfasis en la calidad en todas las etapas del proceso, ya que los problemas de calidad pueden causar interrupciones costosas y retrasos en la producción.
- **Mejora continua:** Se fomenta la mejora continua en todos los aspectos del proceso, desde la eficiencia de la producción hasta la calidad del producto y la gestión de inventario.

Ventajas:

Reducción de costos de inventario: Al mantener niveles bajos de inventario, las empresas pueden reducir los costos asociados con el almacenamiento, el manejo y la obsolescencia de inventario.

Mejora de la eficiencia: promueve un flujo de trabajo continuo y elimina tiempos de espera innecesarios, lo que mejora la eficiencia y reduce el tiempo de ciclo de la producción.

Mejora de la calidad: Al reducir los niveles de inventario, los problemas de calidad se identifican y resuelven más rápidamente, lo que conduce a una mejora en la calidad del producto final.

Mayor flexibilidad: permite a las empresas adaptarse más rápidamente a los cambios en la demanda del mercado, ya que pueden ajustar la producción más fácilmente en respuesta a las fluctuaciones en la demanda.

Ahorro en espacio: Con niveles de inventario reducidos, las empresas necesitan menos espacio de almacenamiento, lo que puede resultar en ahorros significativos en costos de espacio.

Desventajas:

Vulnerabilidad a interrupciones en la cadena de suministro: Dependiendo de la entrega justa a tiempo de materiales y componentes hace que las empresas sean más vulnerables a interrupciones en la cadena de suministro, como retrasos en la entrega o escasez de materias primas.

Riesgo de errores de planificación: Un pequeño error en la planificación de la producción o la demanda puede causar grandes interrupciones en la cadena de suministro y la producción.

Costos de transporte más altos: La entrega justa a tiempo puede requerir envíos más frecuentes y en cantidades más pequeñas, lo que puede aumentar los costos de transporte.

Menor flexibilidad en la producción: las empresas pueden tener menos margen para hacer frente a cambios repentinos en la demanda o a situaciones de emergencia.

Altos costos de implementación: La implementación de un sistema JIT puede requerir inversiones significativas en tecnología, capacitación de personal y reorganización de procesos, lo que puede ser costoso y llevar tiempo.

Kaizen

Forma de pensar y estrategias de desarrollo orientadas hacia procesos para asegurar el mejoramiento continuo, involucrando a gente de todos los niveles jerárquicos de la organización. Pequeños mejoramientos todos los días, pueden conducir a la organización a competir en un mercado global. (嶺, 2002)

Proviene de dos ideogramas japoneses: “Kai” que significa cambio y “Zen” que quiere decir para mejorar. Así, podemos decir que “Kaizen” es “cambio para mejorar” o “mejoramiento continuo”. Los dos pilares que sustentan Kaizen son los equipos de trabajo y la Ingeniería Industrial, que se emplean para mejorar los procesos productivos. (Tapias, 2010)

Beneficios

- Se fomenta una forma de pensamiento orientada al proceso.
- Se pone mayor énfasis en la etapa de planeación.
- Las personas concentran su atención en los asuntos de mayor importancia.
- Todos participan y contribuyen a la construcción de un nuevo sistema.
- Reducción de inventarios, productos en proceso y terminados.
- Disminución en la cantidad de accidentes. (Tapias, 2010)

Las 5 “S” del método Kaizen

Seire (Clasificar): Separar lo necesario de lo innecesario, eliminando elementos no esenciales del lugar del trabajo.

Seiton (Organizar): Organizar y ubicar los elementos necesarios de manera eficiente y accesible, facilitando su identificación y uso.

Seiso (Limpiar): Mantener un ambiente de trabajo limpio y ordenado.

Seiketsu (Estandarizar): Establecer estándares y procedimientos para mantener la organización, la limpieza y el orden en el lugar de trabajo de manera consistente.

Shitsuke (Autodisciplina): Fomentar la disciplina y el compromiso con la mejora continua, asegurando que todos los miembros de la organización sigan los principios de manera constante.

PDCA

Es una metodología de mejora continua de la calidad que consta de cuatro fases: planear (plan), hacer (do), verificar (check) y actuar (act); que sirve como una herramienta de gestión válida para cualquier tipo de industria manufacturera y de servicios cuyas fases, en conjunto, se basan en la implementación de procesos, identificación de los problemas junto a la detección de sus causas y soluciones potenciales en búsqueda de la mejora continua de los procesos en evaluación. (Espinoza Arias, 2020)

- Planificar (Plan): Se identifican los problemas y se desarrollan estrategias para abordarlos.
- Hacer (Do): Se implementan los planes y procesos establecidos en la etapa de planificación. Se llevan a cabo las acciones necesarias para ejecutar el plan.
- Verificar (Check): Una vez que se han implementado las acciones, se monitorean y evalúan los resultados obtenidos (se comparan).
- Actuar (Act): Si los resultados cumplen con los objetivos, se estandarizan los procesos. Si no cumplen con los objetivos, se identifican áreas de mejora y se ajustan los planes para iniciar un nuevo ciclo.

Casos prácticos

1. Planta: Empresa Nicole S.A.

Problemática

La empresa Nicole S.A. está ubicada en el municipio industrial de Dosquebradas. Es una empresa donde se maquilan diferentes prendas, que provienen de un centro de abastecimiento principal en el municipio de Marinilla (Antioquia). Desde ahí se surten los materiales y patrones necesarios para cada familia de prendas, en unos lotes llamados bongos. Estos son asignados a los diferentes módulos, conformados, a su vez, por 11 estaciones de trabajo, donde se distribuyen las operaciones y se determina el flujo por seguir, de tal forma que se alcance un nivel en la eficiencia que permita la competitividad de la empresa en el mercado. Actualmente, el balanceo de las líneas se realiza para cada demanda y de manera manual por un analista de producción, según criterios particulares, lo que genera diferencias importantes en las eficiencias reales programadas para cada lote. En la empresa se producen 12 tipos diferentes de prendas, llamadas familias, cada una de ellas con varias referencias (en total 82). La figura 5 muestra la eficiencia en cada una de las familias.

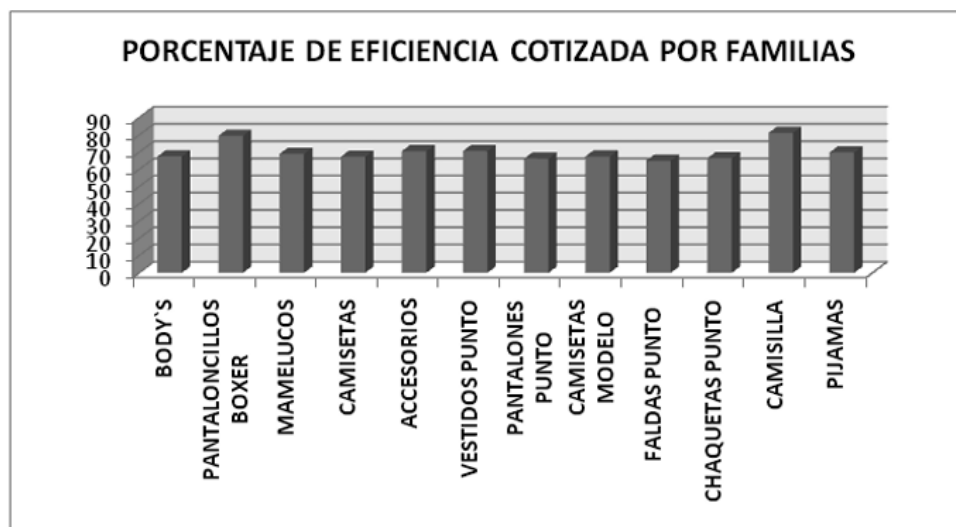


Figura 5. Porcentaje de eficiencia cotizada por familias
Fuente: Registro histórico de Nicole S. A.

Se encuentra en todas las familias una eficiencia promedio del 70%, lo cual implica que la empresa está perdiendo casi una tercera parte de su potencial. Se emplean los diversos tipos de máquinas:

- 1. Máquinas planas posicionadores*
- 2. Máquina de doble transporte*
- 3. Máquinas fileteadoras*
- 4. Dobladilladoras*
- 5. Presilladora*
- 6. Multiagujas*
- 7. Fusionadoras*
- 8. Troqueladoras*
- 9. Resortadora*
- 10. Fileteadora recogedora*
- 11. Recubridora o collarín*
- 12. Dobladilladora Puller*
- 13. Ojal plano*
- 14. Picueta*
- 15. Máquina sesgadora*
- 16. Utilización de agujas por máquina*

De igual forma, cada referencia tiene programada su secuencia operacional, en la que se tienen en cuenta el tiempo estándar de cada operación, el número de operarios, el número de operaciones y el tiempo de trabajo horas/hombre. En cuanto a los tiempos muertos de producción, se encontró que el tiempo promedio empleado por montaje de estilo es de tres horas. Otro factor importante en la pérdida de tiempo de producción es la falla de maquinaria; sin embargo, la empresa cuenta con personal de mantenimiento de planta, quienes realizan la reparación en el momento que sea necesaria, y para lo cual se emplea, en promedio, una hora por caso. Con estas condiciones tan heterogéneas era necesario seleccionar un solo tipo de referencia para realizar el modelado matemático y el proceso de optimización del balanceo de línea; para ello fue escogido un tipo de mameluco, referenciado como Solecito, con una eficiencia cotizada del 65%, 17 operaciones, 11 operarios en un módulo de 11 estaciones y un tiempo

estandarizado total del proceso de 5,314 minutos. Estas características se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 2. Secuencia operacional de “Solecito” Desarrollo del problema

Nº	Operación	Máquina	Tiempo estándar (t)
1	Marquillar espalda	Plana	0,132
2	Fijar marquilla lateral	Plana	0,149
3	Unir 1° hombro	Fileteadora	0,177
4	Sesgar cuello	Sesgadora	0,203
5	Unir 2° hombro	Fileteadora	0,205
6	Rematar 2° hombro	Fileteadora	0,149
7	Sesgar sisas	Sesgadora	0,256
8	Sesgar piernas	Sesgadora	0,244
9	Cerrar lados	Fileteadora	0,617
10	Pegar broches	Brochadora	0,442
11	Empacar prenda	Manual	0,72
12	Pulir y revisar	Manual	0,6
13	Fijar marquilla código de barras	Plana	0,197
14	Cerrar 1° lado	Fileteadora	0,35
15	Cerrar 2° lado	Fileteadora	0,35
16	Rematar 2° lado	Plana	0,14

Fuente: Elaboración propia

Estrategia o técnica

La metodología aplicada inicialmente fue de carácter exploratorio-descriptivo. Se recopiló toda la información acerca de la problemática de la empresa de confección en estudio, en cuanto a sus procesos de producción y de asignación de recursos. La información fue de carácter interno y se obtuvo a través de encuestas a analistas, registros metrológicos históricos sistematizados por la empresa y observación directa de los procesos de producción. Posteriormente, de acuerdo con el problema planteado, se aplicó una metodología experimental, puesto que se definieron variables como el tipo de maquinaria, la operación en cada una, los tiempos estandarizados por operación, el número de operarios, los niveles de eficiencia teórica y real, entre otras, que son

controladas y aleatorizadas, lo cual nos permitió establecer relaciones entre ellas, para posteriormente optimizarlas e implementar los resultados en la planta de producción. El diagnóstico obtenido del estudio inicial mostró como principal falencia del proceso de producción llevado en la empresa una deficiente planeación e implementación del balanceo de línea aplicado en la distribución modular, ya que se realiza diariamente y de manera manual y subjetiva por parte del analista de producción; además, con unidades modulares estáticas con tipos y número de máquinas constantes. Adicionalmente, este método de balanceo de la línea no permite hacer modificaciones de planeación y desarrollo durante el proceso, que bien podrían ser necesarias al presentarse situaciones anormales que afectasen de alguna manera el flujo continuo de las piezas de las prendas.

Conclusión

El modelo fue programado y ejecutado inicialmente en el software QSB, y corroborado con GAMS. Los resultados obtenidos nos entregan una ruta balanceada que optimiza la cantidad de prendas elaboradas por turno y minimiza los tiempos de ocio. El flujo óptimo encontrado se presenta en la figura 6.

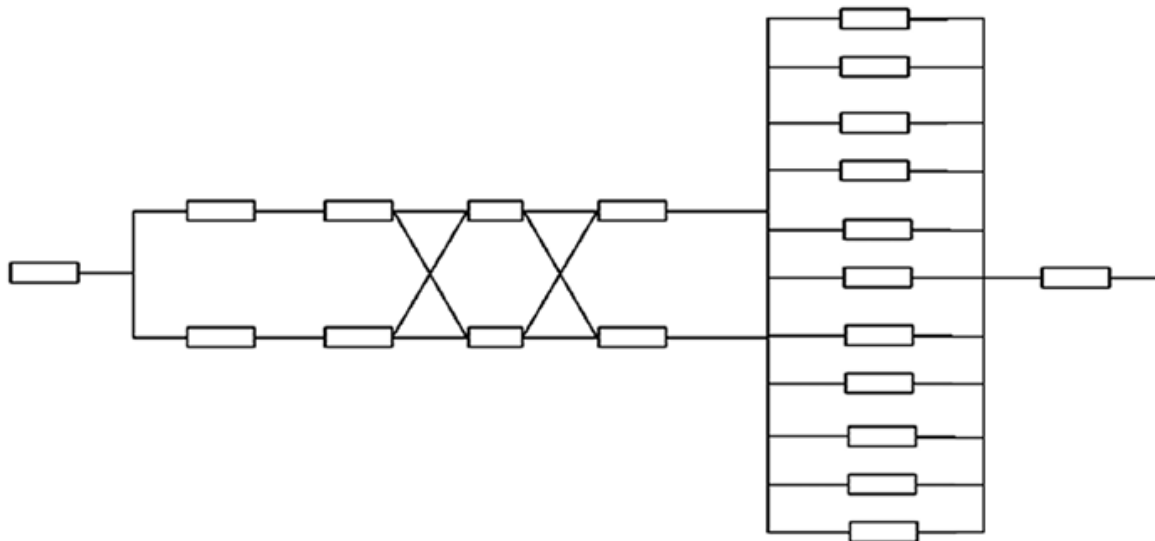


Figura 6. Flujo óptimo

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar, se utilizó un diseño de flujo mixto, que combina estaciones en serie y en paralelo, lo que permitió un mejor aprovechamiento de los tipos de máquinas al realizar varias operaciones y eliminar cuellos de botella generados por la diversidad en los tiempos de las tareas. Se concluye que la carga de trabajo en 9 de las 11 estaciones ocupa casi la totalidad del tiempo disponible. La cantidad de prendas elaboradas alcanzó la cifra de 1.306, que indican una eficiencia real del 143,7%, lo cual mejora la encontrada antes en la empresa, que era del 107%, en promedio. (Mesa, (2009))

2. Planta: Frigoríficos y Empacadora de Aguascalientes de S.A. de C.V

Problemática.

Durante este periodo se observó cada uno de los procesos, instalaciones y las funciones de cada uno de los departamentos, así como también de los trabajadores. Apreciando que muchos de los trabajadores no estaban capacitados y que la mayoría de ellos no contaba con un nivel de estudios superior al de la secundaria, haciendo con esto más difícil su labor por no saber leer o escribir para realizar alguna notación del producto que manejan. De igual manera fue necesario monitorear y tomar los tiempos que tardaban en procesar el producto, ya que en unos departamentos el flujo de productos no es constante y se tardan mucho tiempo en mandar el producto al almacén de venta al menudeo tanto para los empleados como a las personas externas de la empresa.

Estrategia o técnica:

Para la aplicación de la metodología fue necesaria la interacción con los operarios y relacionarse con los productos, esto con la finalidad de conocer a fondo los pros y los contras al momento de la elaboración de los productos. Esto fue fundamental ya que anteriormente nunca se había hecho algo similar en el departamento y no se tenía el debido cuidado para llevar un proceso. Al comenzar de la investigación nos dimos cuenta que en este departamento no se llevaba un control o seguimiento de los procesos y/o productos debidamente establecidos, esto es fundamental ya que sin esta información no se cuenta con datos reales que nos ayude a saber el rendimiento real de este departamento, al igual que su producción y la utilidad bruta que deja dicho departamento. Basándonos en el paso anterior es posible establecer un criterio de la producción estimada en un mes en este departamento, según el tipo de ganado que sea mandado para trabajarlo, para hacer esto es necesario realizar un “Diagrama de Ishikawa”; siendo así poder identificar las variables que ocasionan que el producto tarde tanto en salir del departamento ocasionando retrasos en la entrega a los clientes y no se tenga abastecido el almacén o cedis localizado en la empresa.

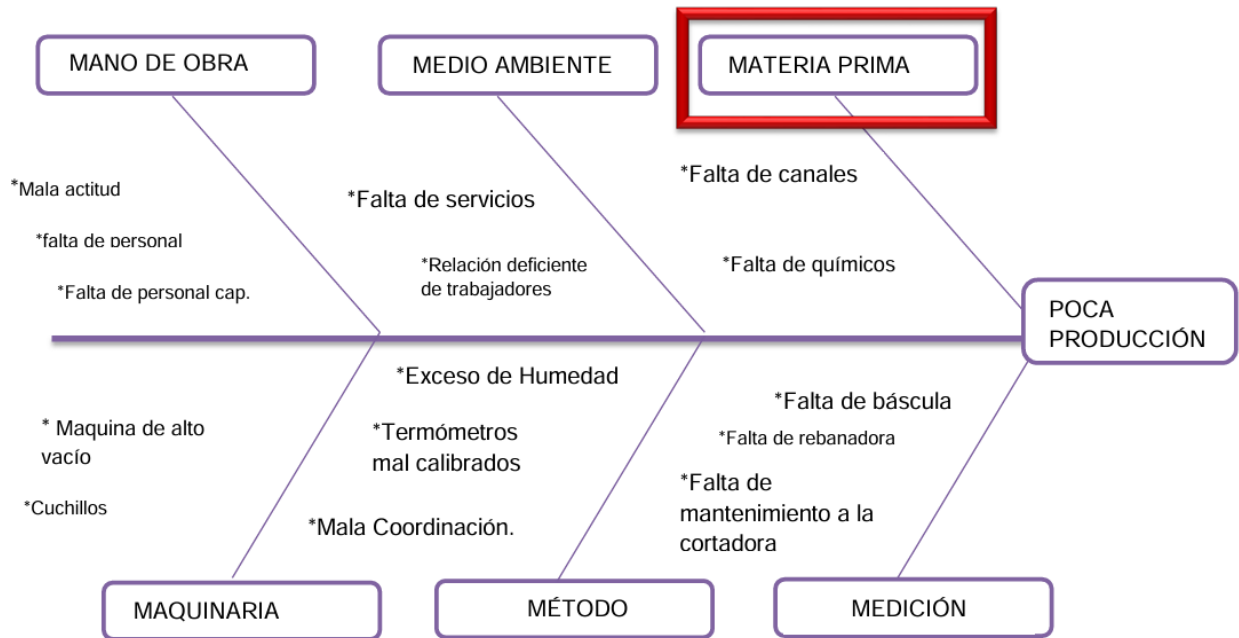


Figura 6. Diagrama de Ishikawa del Departamento de Deshuese
Fuente: Elaboración Propia

Haciendo un análisis con los resultados obtenidos, esto derivado de la producción que se nos dio mediante el paso anterior, nos dimos cuenta que son muy pocas las canales que trabajan durante una semana al igual que la producción obtenida, provocando con esto que tengan mucho tiempo muerto o perdido ocasionado por la falta de material y/o capacitaciones pertenecientes a los tipos de cortes que deben realizar ya que muchas de las veces es necesario que vaya y se le explique cómo debe de ser cada uno de ellos. Otro de los puntos a tratar en este departamento es la falta de mantenimiento de los utensilios que utilizan ya que la mayor parte de ellos deben de tener demasiado filo para que los cortes realizados sean más exactos y de excelente calidad, ya que debido a esto se han hecho reclamaciones por que los cortes o productos no están bien hechos; todo esto porque la carne al estar muy gruesa no se puede cocinar perfectamente o en caso contrario que este muy delgada no es apta para cocinarla. A continuación, se muestra en la siguiente tabla los tiempos estimados en realizar cada uno de los cortes, dependiendo de qué tipo de canal sea la que se trabaje.

TIEMPO ESTIMADO DE 1 CANAL POR OPERARIO							
CORTES	T- BONE	ARRACHERA	FILETE MIGNON	CHULETON	CHAMBER ETE	FLECHA CON HUESO	MOLI DA
FLACA	10 MIN	90 MIN	15 MIN	10 MIN	25 MIN	35 MIN	20MI N
GORDA	15 MIN	100 MIN	20 MIN	10 MIN	25 MIN	50 MIN	25MI N

Tabla 4. Tiempos de Producción de Cortes
Fuente: Elaboración Propia

Conclusión

Anteriormente fue necesario elaborar el “Diagrama de Ishikawa” o “Diagrama de Pez”, esto con la finalidad de determinar las variables que ocasionaban las deficiencias de los procesos determinados en la planta; tomando con mayor importancia el departamento de “Deshuese”, en el ya que se deseaba trabajar sobre el por los proyectos próximos a elaborar donde dicho departamento sería un factor primordial para la elaboración y ejecución del mismo. Haciendo con esta metodología más factible los resultados del departamento a lo largo del proyecto, obteniendo un funcionamiento más eficaz y constante en los productos elaborados, así como también en los servicios ofrecidos por el mismo; otorgándole a la empresa un ingreso más donde se puede tener un beneficio en el departamento y dándole un valor agregado a sus productos, para la creación de su propio cedis o edificio donde se vendan sus productos con un mejor servicio hacia los clientes. Rompiendo con esto las deficiencias que se tenían anteriormente en el departamento, reduciendo los reclamos de los clientes y a su vez ofreciendo más productos y de mejor calidad, aumentando con esto el número de clientes con el que se contaba; así como también la creación de rutas de reparto, abarcando con esto casi todo el municipio de Aguascalientes y analizando rutas en los demás municipios del estado y estados vecinos. Retomando nuestra Línea de prueba ya con las modificaciones necesarias, tiempos estimados, capacitación del personal y le aumento del mismo; ha

hecho que la producción del departamento vaya en aumento, así como también sus tiempos de producción sean más cortos y les quede suficiente tiempo para la limpieza y mantenimiento de sus herramientas, logrando con esto que el departamento sea más funcional, que se elaboren productos de mayor calidad para los clientes y se reduzcan los reclamos de los clientes por alguna anomalía en los productos elaborados. (Vega)

3. Planta: Redondos S.A.

Problemática.

Existen problemas de una baja productividad y entrega a tiempos de los productos. Tal deficiencia se debe a que, en la actualidad no existe, un estudio de tiempo adecuado, falta de seguimiento y medición de las operaciones, además de no tener adecuadamente balanceada las líneas de procesamiento con el número adecuado de personal en relación a la capacidad de producción del segundo proceso, por otro lado la demanda de mayor cantidad productos por parte de los clientes principales, afecta en gran medida el procesamiento de aves, ya que se requiere abastecer con mayor cantidad y menor tiempo posible. Es por ello, la necesidad de realizar un balanceo de línea de las operaciones realizadas para los productos, de tal manera de mejorar la 1 productividad; y así REDONDOS S.A. siga innovando y agregando valor a sus clientes y consumidores a nivel nacional y con proyección internacional.

Estrategia o técnica.

Se realizó el modelamiento cualitativo, a partir de las respuestas brindadas por los dueños del problema, según muestra estratificada, mediante el instrumento que se elaboró para la presente investigación; donde la productividad está expresada de la siguiente manera: $\text{Productividad} = 0,235 + 0,670(\text{Diagrama de flujo de procesos}) + 0,604(\text{Estudio de tiempos}) - 0,330(\text{Muestreo de trabajo})$. tuvo como respuesta a la realización de un balance en línea, que contribuyó en mejorar la productividad en el segundo proceso de la empresa Redondos S.A. El primer paso del tema tesis consistió, en realizar los diagramas de flujos por cada producto principal de la organización, siendo estos: pollo con menudencia a granel, pollo con menudencia embolsado, pollo mercado, pollo sin menudencia embolsado, pollo sin menudencia a granel, pollo brasa y pollo brasa congelado, donde en el cual se detalló las características esenciales que debe de tener el ave en cuanto al peso, así como también, los factores intervinientes durante el proceso, posteriormente a partir de la cantidad de personal distribuido en cada actividad durante el procesamiento de aves de cada producto principal, se realizó un estudio de tiempos cronometrando la duración de cada actividad, obteniendo los tiempos estándar de cada

actividad, por otro lado con el afán de controlar las actividades del personal, se desarrolló un muestreo de trabajo para saber la realización de la actividad del colaborado durante el proceso, con los datos obtenidos del estudio de tiempos, y del muestreo de trabajo se procedió a realizar el balanceo en línea de cada producto principal, a partir de cantidad de personal y el costo de hora hombre, para contribuir en la decisión final de aumentar el personal con la finalidad de mejorar la productividad de cada producto principal de la empresa. En relación al balanceo en línea del procesamiento de pollo con menudencia granel auto, se puede inferir que, aún 95 % de productividad, en un turno de 8 horas, con un jornal de 40.00 S/ de hora de hombre por día, según lo requerido por planificación en respuesta a la demanda de los clientes, para maximizar la productividad se necesita aumentar el número de colaboradores del segundo proceso a 65 operarios. En relación al balanceo en línea del procesamiento de pollo con menudencia embolsado, se puede inferir que, aún 95 % de productividad, en un turno de 8 horas, con un jornal de 40.00 S/ de hora de hombre por día, según lo requerido por planificación en respuesta a la demanda de los clientes, para maximizar la productividad se necesita aumentar el número de colaboradores del segundo proceso a 63 operarios. En relación al balanceo en línea del procesamiento de pollo mercado, se puede inferir que, aún 95 % de 57 productividad, en un turno de 8 horas, con un jornal de 40.00 S/ de hora de hombre por día, según lo requerido por planificación en respuesta a la demanda de los clientes, para maximizar la productividad se necesita aumentar el número de colaboradores del segundo proceso a 56 operarios. En relación al balanceo en línea del procesamiento de pollo sin menudencia embolsado, se puede inferir que, aún 95 % de productividad, en un turno de 8 horas, con un jornal de 40.00 S/ de hora de hombre por día, según lo requerido por planificación en respuesta a la demanda de los clientes, para maximizar la productividad se necesita aumentar el número de colaboradores del segundo proceso a 61 operarios. En relación al balanceo en línea del procesamiento de pollo sin menudencia granel, se puede inferir que, aún 95 % de productividad, en un turno de 8 horas, con un jornal de 40.00 S/ de hora de hombre por día, según lo requerido por planificación en respuesta a la demanda de los clientes, para maximizar la productividad se necesita aumentar el número de colaboradores del segundo proceso a 65 operarios. En relación al balanceo en línea del procesamiento de pollo brasa, se puede inferir que, aún 95 %

de productividad, en un turno de 8 horas, con un jornal de 40.00 S/ de hora de hombre por día, según lo requerido por planificación en respuesta a la demanda de los clientes, para maximizar la productividad se necesita aumentar el número de colaboradores del segundo proceso a 65 operarios. En relación al balanceo en línea del procesamiento de pollo brasa congelado, se puede inferir que, aún 95 % de productividad, en un turno de 8 horas, con un jornal de 40.00 S/ de hora de hombre por día, según lo requerido por planificación en respuesta a la demanda de los clientes, para maximizar la productividad se necesita aumentar el número de colaboradores del segundo proceso a 63 operarios. Por consiguiente, se puede inferir que se debe tener en cuenta un promedio de 65 operarios para poder mejorar la productividad en el segundo proceso de la empresa Redondos S.A., siendo así lo requerido por el área de planificación por la demanda de aves y aumento de clientes.

Conclusión

- De la hipótesis general, dado que el X^2 experimental 35,827 es mayor al X^2 teórico 15,507; entonces se rechaza la H_0 , es decir, a un nivel de confianza de 95%; el balanceo en línea, se relaciona con la mejora de la productividad en el segundo proceso de la empresa Redondos S.A. – Huaura 2016.
- De la hipótesis específica 1, Dado que el X^2 experimental 382,963 es mayor al X^2 teórico 26,296; entonces se rechaza la H_0 , es decir, a un nivel de confianza de 95%; el diagrama de flujo de procesos, se relaciona con la mejora de la productividad en el segundo proceso de la empresa Redondos S.A – Huara 2016.
- De la hipótesis específica 2, Dado que el X^2 experimental 152,654 es mayor al X^2 teórico 26,296; entonces se rechaza la H_0 , es decir, a un nivel de confianza de 95%; el estudio de tiempo, se relaciona con la mejora de la productividad en el segundo proceso de la empresa Redondos S.A – Huara 2016.
- De la hipótesis específica 3, Dado que el X^2 experimental 152,654 es mayor al X^2 teórico 26,296; entonces se rechaza la H_0 , es decir, a un nivel de confianza de 95%; el muestreo de trabajo, se relaciona con la mejora de la productividad en el segundo proceso de la empresa Redondos S.A – Huara 2016. (Sosa Mayo, 2020)

4. Planta: VALEO SYLVANIA

Problemática.

se necesitaba balancear la línea, para tener un mejor flujo en la producción obtener el tiempo ciclo y el Takt time de las operaciones, para cubrir la demanda anual de nuestro cliente que son 94000 piezas de cada modelo de calaveras fender y Trunk.

Estrategia o técnica.

La línea fender que se muestra en la figura 6. es como se distribuyó la línea fender de acuerdo a nuestro layot se optó por una línea en forma de U para un mejor flujo del proceso con racks de trilogig que es donde se coloca el material empezar a producir.



figura.6 Línea de Producción Fender

Se elaboró el diagrama de flujo de proceso tomando como referencia nuestro layout, describiendo la secuencia de operaciones desde el inicio del proceso, desde que ingresan los materiales al área de inyección su almacenaje, inspección de material inyectado, para después pasar al área de metalizado del material inspeccionarlo nuevamente hasta que llegar al área de almacenaje donde se toma el material para surtir las líneas de producción y empezar a producir como se describen las operaciones de la producción de la calavera Fender. Se elaboró un estudio de capacidad esto se llevó a cabo de acuerdo a los requerimientos del cliente esto se hizo con el fin de determinar la capacidad de cada línea donde el volumen anual es de 94000 piezas por año de la pieza fender, en el análisis de las capacidades solo consideramos horas productivas que son 6.1 hrs que son las horas por turno reales quitándole el tiempo improductivo, los días trabajados por semana que son 5 y las semanas por año que son 48 semanas, así como el tiempo ciclo por pieza tomando en cuenta la utilización de la línea que actualmente está trabajando a un 100 % de su capacidad, trabajando en 2 turnos y posteriormente con un 3er turno, están los Escenarios de los 3 turnos para los años posteriores, también tenemos las capacidades por año que son a futuro estará incrementándose el porcentaje al paso de los años.

Conclusión.

Al balancear las líneas fender y trunk se logró el objetivo cumplir con la producción diaria y tener las líneas a su capacidad máxima, el personal operador de las líneas hizo posible lograrlo ya que se logró tener operadores expertos en cada una de las estaciones de trabajo, al hacer este estudio se pudo definir que los mismos operadores de la línea fender serán los mismos que estarán en la línea trunk ya que de acuerdo a nuestro estudio de capacidad se cumple la demanda del cliente y se podrá producir con el mismo personal en las 2 líneas. Implementando el estudio de tiempos, incrementamos la eficiencia de la línea, debido a que hay un control en el tiempo de cada operación y el operador tiene un tiempo límite para producir cada pieza. Al desarrollar el estudio de tiempos y movimientos en los procesos de producción se detectaron operaciones críticas y de acuerdo a ello se tomaron decisiones sobre como optimizarlas para mejorar el tiempo de producción y así tener el 100 % de eficiencia de las líneas. (Malagón, 2011)

5. Planta: C.i Nicole S.A.S

Problemática.

El problema de balanceo de línea con estaciones de trabajo en paralelo utilizando un algoritmo de BRANCH AND BOUND propuesto por Robert Klein y Armin scholl en su artículo Maximizing the production rate in simple assembly line balancing – A Branch and Bound procedure.

Estrategia o técnica.

La mayoría de las investigaciones en la literatura ALB asumen un diseño de línea en la que cada etapa tiene una estación con una sola tarea. En la fabricación competitiva actual el aumento de la diversidad y volumen de los productos requieren líneas de montaje paralelas donde las estaciones de trabajo de la misma etapa produzcan diferentes unidades del mismo producto. Las estaciones de trabajo en paralelo podrían disminuir los requerimientos de mano de obra ya que las tareas se pueden asignar a una misma etapa debido a la capacidad de aumento del tiempo. Las estaciones de trabajo en paralelo también pueden ser usadas para solucionar el problema que se presenta cuando el tiempo de alguna tarea es mayor al tiempo de ciclo, ya que el valor promedio de la duración de la tarea se reduce proporcionalmente al número de estaciones. Este aumento de la capacidad interpuesta por estaciones en paralelo amplía el tiempo de trabajo máximo lo que aumenta la tasa de producción. Sin embargo, puede aumentar el costo de capital debido a la duplicación de herramientas equipo. Se realiza la revisión de la literatura. Se identifica el problema de balanceo de línea con estaciones de trabajo en paralelo. Se plantea el modelo matemático teniendo en cuenta la función objetivo y las restricciones. Se brinda una solución de este modelo por medio del algoritmo de Branch and Bound y por último se hará el análisis del método aplicado.

Conclusión.

En la empresa de confección C.i. Nicole S.A.S para balancear su línea de producción utilizan un estándar de 12 operarios por modulo este número de operarios es determinado por un estándar preestablecido para cada una de la tarea para la fabricación de una prenda determinada. El trabajo abordo la metodología de un Branch and Bound(B&B) de búsqueda profunda soportado en la metodología propuesta en la programación de tareas. Este método permite encontrar la mejor solución óptima del problema, pero para situaciones donde se requiera el uso de muchas más estaciones y se deban tener en cuenta otras variables, se hace necesario el uso de programas computacionales para encontrar la solución. (Tobón, 2013)

6. Planta: Suelas ECHEVESTE

Problemática.

Balanceo de líneas y el ajuste de cargas de trabajo, derivados de un estudio de tiempos y movimientos para incrementar la productividad de la empresa mediante la implementación de cambios en los métodos de trabajo; otro resultado fue la eliminación de movimientos innecesarios mediante un estudio de movimientos, incrementando la productividad al 56% en una estación de trabajo. Se concluye que al implementar y dar mantenimiento a esta propuesta se mejorara la productividad de la empresa en cuestión.

Estrategia o técnica.

La metodología utilizada para abordar este caso de estudio fue derivada y adaptada del proceso sistemático para desarrollar un centro de trabajo, fabricar un producto o proporcionar un servicio (Niebel, Freivalds, y Niebel, 1999). La observación directa en la planta productiva se llevó a cabo durante los diferentes días de la semana, a distintas horas del día y sin repetir operarios, esto con la finalidad de considerar el cansancio físico por el horario, el clima y la edad del trabajador. La posibilidad de equilibrar la carga de las estaciones de trabajo con base en el balanceo de líneas; también se concluyó, con base en el estudio de tiempos y movimientos, que se podían crear células de trabajo, las cuales disminuirían los tiempos de producción. Con base en el estudio del lugar de trabajo, en una estación destinada para este, se determinó eliminar algunas operaciones manuales repetitivas con lo que se aumentó la productividad en más de un 50% y se estableció un sistema de reciclaje de material; esto se determinó con base en la experiencia de los operarios. La principal limitante fue la falta de concientización al personal acerca de la importancia de un estudio de esta magnitud, de esto se derivó cierto desinterés y miedo por parte de los operarios al momento de estudiar el proceso de producción de la empresa.

Conclusión.

Con base en los resultados del estudio de tiempos y movimientos se propuso utilizar a uno de los operarios que contaban con mayor tiempo ocioso en la planta de producción y utilizarlo para equilibrar la carga de la estación del 100%. Otra propuesta con base en los resultados fue crear «células de trabajo», es decir, hacer dos equipos de dos personas cada uno encargados de atender una máquina de inyección de suela, debido a que dos personas en el departamento de acabado eran suficientes para atender a un solo operador de máquina de inyección de suela. En lo referente al desperdicio de materia prima, se convocó a una reunión con los operarios donde se hizo notar que los desperdicios repercutían en la economía, no solo de la empresa sino de todo el personal, porque se veía reflejado en las utilidades que se dejaban de generar. En relación al estudio de movimientos, eliminando operaciones repetitivas y movimientos innecesarios se consiguió que en una estación de pintado de suela se aumentara la productividad de un estilo en particular de suela, tal incremento fue de un 56% de productividad por hora. (Quiroga Juárez, 2015)

7. Planta: Industria Farmacéutica

Problemática.

se busca la disminución del inventario, en una línea de ensamble en la que hay operaciones con un largo tiempo de proceso, que dificulta el balance en un contexto tradicional, para ello se propone un modelo para el balanceo de línea, utilizando la técnica de programación multiobjetivo por metas en la industria farmacéutica. El modelo, pretende minimizar el tiempo de ciclo de la forma usual, y se plantea como principal aporte del trabajo la inclusión de la posibilidad de que una operación, cuyo tiempo de proceso sea muy largo, se lleve a cabo simultáneamente en varias estaciones, distribuyendo así el tiempo de la operación entre las estaciones agrupadas, lo que permite balancear la línea y disminuir el tiempo de ciclo total de la línea y por ende el inventario de producto en proceso.

Estrategia o técnica.

- Basándose en la revisión de la literatura y en el contexto fáctico, se realizó la modelación matemática del problema declarado.
- Se realizó el proceso de caracterización y levantamiento de información en la empresa del sector de farmacéuticos, para poder parametrizar los datos de entrada, del modelo.
- Se realiza la implementación del modelo programación por metas en el lenguaje de modelación matemática LINGO ®.
- Se realiza la validación de los resultados mediante tres escenarios, para garantizar el cumplimiento de las restricciones y refinar los parámetros asociados a las metas.
- Para validar la robustez de la solución obtenida ante la variación de los tiempos de operación, se realizan dos modelos de simulación en ProModel un uno determinístico y otro con variabilidad en los tiempos de operación.

Conclusión.

Se logra una reducción significativa del tiempo ciclo y del tiempo ocioso a costos mínimos, además se presenta una comparación entre el modelo determinístico y estocástico. A través de esta implementación del modelo en LINGO, se validó el cumplimiento de las restricciones planteadas, la precedencia de las operaciones y el buen funcionamiento del modelo mediante las soluciones óptimas obtenidas. La simulación, es una herramienta que permite ilustrar la complejidad de las operaciones del sistema de producción, las cuales requieren como en nuestro caso de una modelación más ajustada a la realidad para comprender el comportamiento del proceso y evaluar diferentes estrategias. (Orejuela Cabrera, 2019)

8. Planta: CIAUTO Ambato

Problemática.

La Empresa tiene uno de los problemas fundamentales en los procesos productivos que es la asignación oportuna de tareas a las máquinas, tiempo de actividad de cada una, número de máquinas y su correspondiente secuencialización dentro del proceso para la optimización del recurso disponible, este proyecto tiene como objeto aportar con herramientas técnicas que ayuden a tomar decisiones en tal contexto. Todos estos espacios de trabajo requieren evaluar y analizar las diferentes actividades mediante la elaboración de diagramas de procesos para poder realizar el balanceo de línea de producción que se reflejará en el mejoramiento productivo. Debido a la reciente inauguración el área de soldadura con una capacidad de producción de 8 unidades/día del auto denominado modelo M4 no posee estudios específicos de tiempos estandarizados para efectuar el balanceo de línea en el área citada anteriormente, lo que dificulta disponer de una herramienta adecuada para elevar la productividad de la empresa. La falta de esta Información en línea de producción de soldadura en el momento actual no permite la asignación de tareas a los trabajadores de tal forma que se pueda cumplir con la planificación, organización y control de la producción.

Estrategia o técnica.

Técnicas de balanceo de línea, de la cual se aspira alcanzar una mejora de manera eficaz de la producción para ser una empresa competitiva reduciendo el tiempo de ciclo (CT), maximizando la eficiencia de la línea, corrigiendo los cuellos de botella cumpliendo con la demanda esperada, minimizando el tiempo ocioso (demora de balance) en la línea de producción. De tal forma que el sistema de la línea de soldadura esté equilibrado cuando todos los trabajadores tengan asignada la misma cantidad de trabajo.

Conclusión.

Del análisis de la filosofía Just-in-Time, lean manufacturing, Toyota Production System se concluye que estas son las más apropiadas para trabajar como herramientas importantes en el mejoramiento productivo.

Con el levantamiento de información de las hojas de instrucciones de trabajo, se determinó la secuencialidad de las actividades en todas las estaciones de trabajo a través de los diagramas de precedencia.

Al realizar la estandarización de los tiempos en el área de soldadura para ensamblar el automóvil M4 en un total de 10 unidades por jornada de trabajo se evidencia un incremento de la productividad en un 25 por ciento (25%) resultante de la diferencia de producción de 8 unidades ahora comparado en las 10 unidades aplicadas en la propuesta. (Moyano Alulema, 2016)

9. Planta: Automotores de la Sierra

Problemática.

Optimizar los procesos en el área de PDI de la empresa Automotores de la Sierra ASSA.S.A.

Estrategia o técnica.

Mediante herramientas exploratorias se pudo identificar los principales problemas que presenta el área a analizarse. El estudio tiene un impacto significativo en el desempeño de los operarios encargados de la revisión preparación y almacenamiento de los vehículos. La investigación es de utilidad para los trabajadores del área de PDI ya que a través de un proceso más eficiente no existirán sobrecargas de trabajo en ningún operario. Los principales beneficiarios serán los concesionarios dentro de la línea ASSA ya que son quienes reciben dichas unidades una vez terminado el proceso del área de PDI. Mediante una optimización de los procesos se logró disminuir los reclamos por parte de los concesionarios.

Conclusión.

Mediante El rediseño de planta propuesto se logra tener una capacidad de 177 vehículos en la zona de almacenamiento, a diferencia de los 116 según la planta actual, esto es un aumento de 153% en la capacidad de almacenamiento. contar con un único flujo de vehículos y espacios bien definidos y estandarizados con la utilización de cinta reflectiva en la zona de almacenamiento como se puede ver en la figura 25, esto propiciará a que las puertas de los vehículos no se golpeen unas con otras ya que tendrá la misma distancia un auto respecto a otro, por lo cual se espera un decremento de los reclamos por micro rayaduras por parte de los concesionarios.

Mediante el balanceo de líneas no se generará un trabajo excesivo para ninguno de los 2 operarios como se puede observar en la figura 26 por lo cual no existirán cuellos de botella en el proceso, por tal motivo se espera cumplir con las entregas de

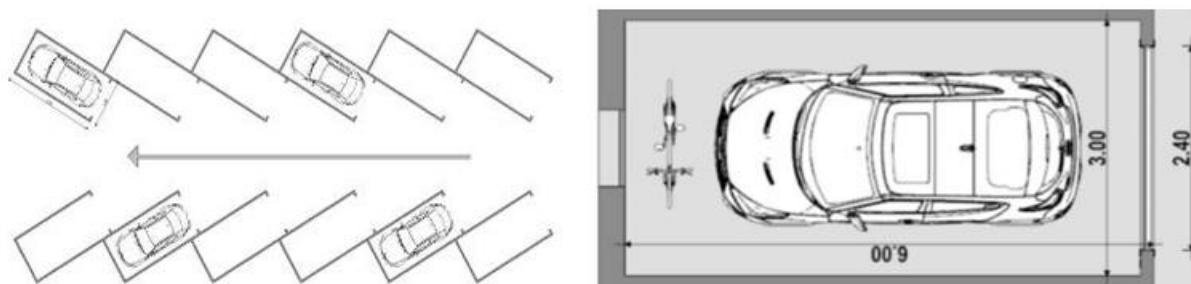


Figura 25. Espacio estandarizado.

Elaborado por: (Valencia. 2022)

las unidades para la fecha acordada logrando una disminución de reclamos por parte de los concesionarios. (Valencia Sánchez, 2022)

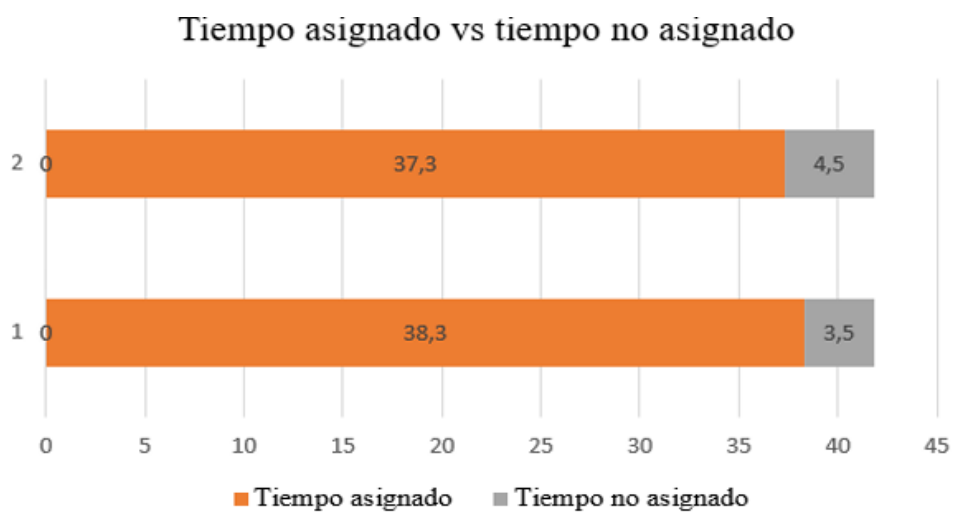


Figura 26. Tiempo asignado vs tiempo no asignado

Elaborado por: (Valencia. 2022)

10. Planta: MAQYRO S.A. de C.V. (Maquinados y Roscas)

Problemática.

Reducir tiempos muertos en movimientos innecesarios, ampliar el espacio por donde se transporta el montacargas, reducir la probabilidad de accidentes en la planta y ahorrar dinero invertido en la línea de producción donde se fabrican roscas 3 ½ IF.

Estrategia o técnica.

Se han implementado métodos de mejora continua tales como SMED el cual ha sido un éxito reduciendo los tiempos en los cambios de modelo, así como también la empresa implemento un sistema PULL en el área de producción. Aplicando metodologías como las son: 5s, diagrama de espagueti, toma de tiempos reestructuración del layout de la planta y el balanceo de la línea de producción

Conclusión.

Se logró concluir que un nuevo layout sería la solución adecuada para ayudar el balanceo de la línea, también la capacitación del personal para que así el operador #1 pudiera realizar más tareas para casi igualar el tiempo de trabajo del operador #2 y así solo manejar la línea de producción con solo dos operadores. Como conclusión, gracias al diseño del nuevo layout y a la capacitación del personal, la empresa MAQYRO S.A. DE C.V. Logro ahorrar un 64.74% de la inversión mensual que se realizaba en la línea de producción donde se fabrican roscas 3 ½ IF Drill Collar y se redujo el 10% de tiempo en fabricación por rosca. (Moreno, 2020)

CAPÍTULO 4: DESARROLLO

Para poder abordar nuestra problemática y darle una solución óptima, es necesario conocer el proceso de fabricación, los tiempos, y que actividades van entre lazadas para que se lleve a cabo el proceso de fabricación del producto que es requerido, por ende, se decidió empezar desglosando un diagrama de proceso, en el cual se pueden observar que actividades dependen de otras.

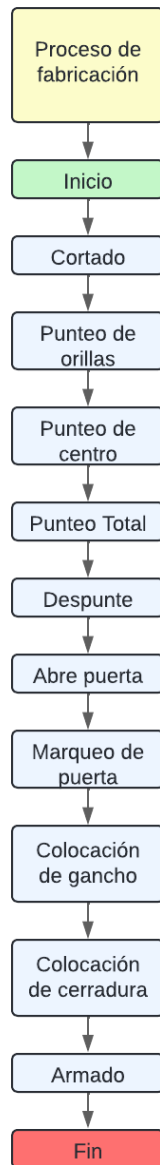


Ilustración 4 Diagrama de proceso

Fuente: MADDEE Rascaderos y Voladeros, 2024

11. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.

Ruta crítica MADDEE

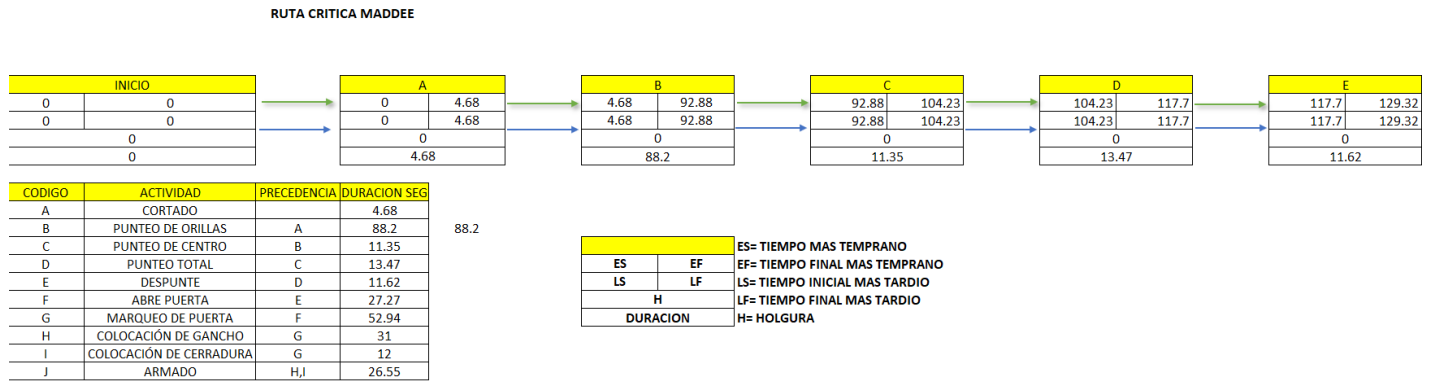


Ilustración 4. 1 Ruta crítica MADDEE Excel

Fuente: MADDEE Rascaderos y Voladeros, 2024

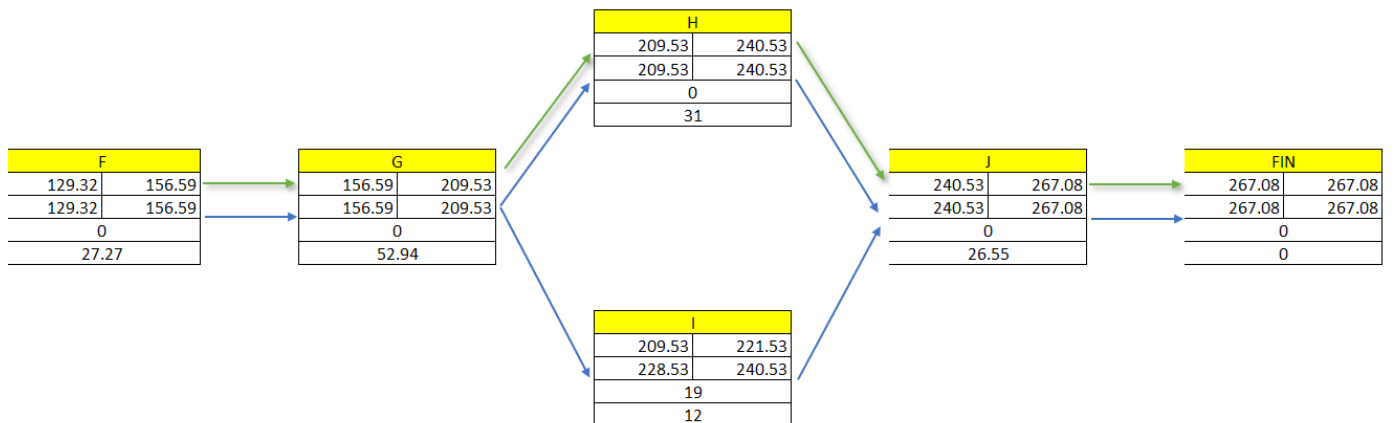


Ilustración 4. 2 Ruta crítica MADDEE Excel

Fuente: MADDEE Rascaderos y Voladeros, 2024

Activity	Activity time	Early Start	Early Finish	Late Start	Late Finish	Slack
Project	267.08					
A	4.68	0	4.68	0	4.68	0
B	88.2	4.68	92.88	4.68	92.88	0
C	11.35	92.88	104.23	92.88	104.23	0
D	13.47	104.23	117.7	104.23	117.7	0
E	11.62	117.7	129.32	117.7	129.32	0
F	27.27	129.32	156.59	129.32	156.59	0
G	52.94	156.59	209.53	156.59	209.53	0
H	31	209.53	240.53	209.53	240.53	0
I	12	209.53	221.53	228.53	240.53	19
J	26.55	240.53	267.08	240.53	267.08	0

Ilustración 4. 3 Comprobación de ruta crítica

Fuente: MADDEE Rascaderos y Voladeros, 2024

Se realizó en CPM de las actividades que son necesarias para poder realizar una jaula, de las cuales primero se optó por realizarlo mediante un formato Excel, de la cual en el proceso de colocación de la cerradura, nos arrojaba una holgura de 19, siendo la única actividad que nos marcaba un número mayor, al tener ese resultado, se llevó a cabo la comprobación en el programa QM For Windows, donde al colocar los tiempos, en la misma actividad que nos daba 19 en la hoja de Excel, nos volvió a dar, comprobando que esa actividad tiene un mayor tiempo. El proceso de colocación de cerradura, al ya tenerlo previsto en ambas partes, nos dimos cuenta que nos daba ese resultado en base a que es un proceso que se realiza manualmente, y que no está estandarizado, generando en algunas ocasiones mayores tiempos, que en otras.

PDCA MADDEE



Ilustración 4. 4 PDCA MADDEE

Fuente: Elaboración propia

Se implemento el PDCA para detallar más a fondo nuestra problemática, y de posibles soluciones, de las cuales fue optar por modificar un Kanban que la empresa MADDEE, había implementado, pero al ver que existían muchos errores, se llevó a cabo el mejoramiento del mismo, haciéndolo funcional y fácil de entender. Al ya tenerlo en funcionamiento se redujeron significativamente los errores que se tenían con el anterior Kanban.

KANBAN MADDEE

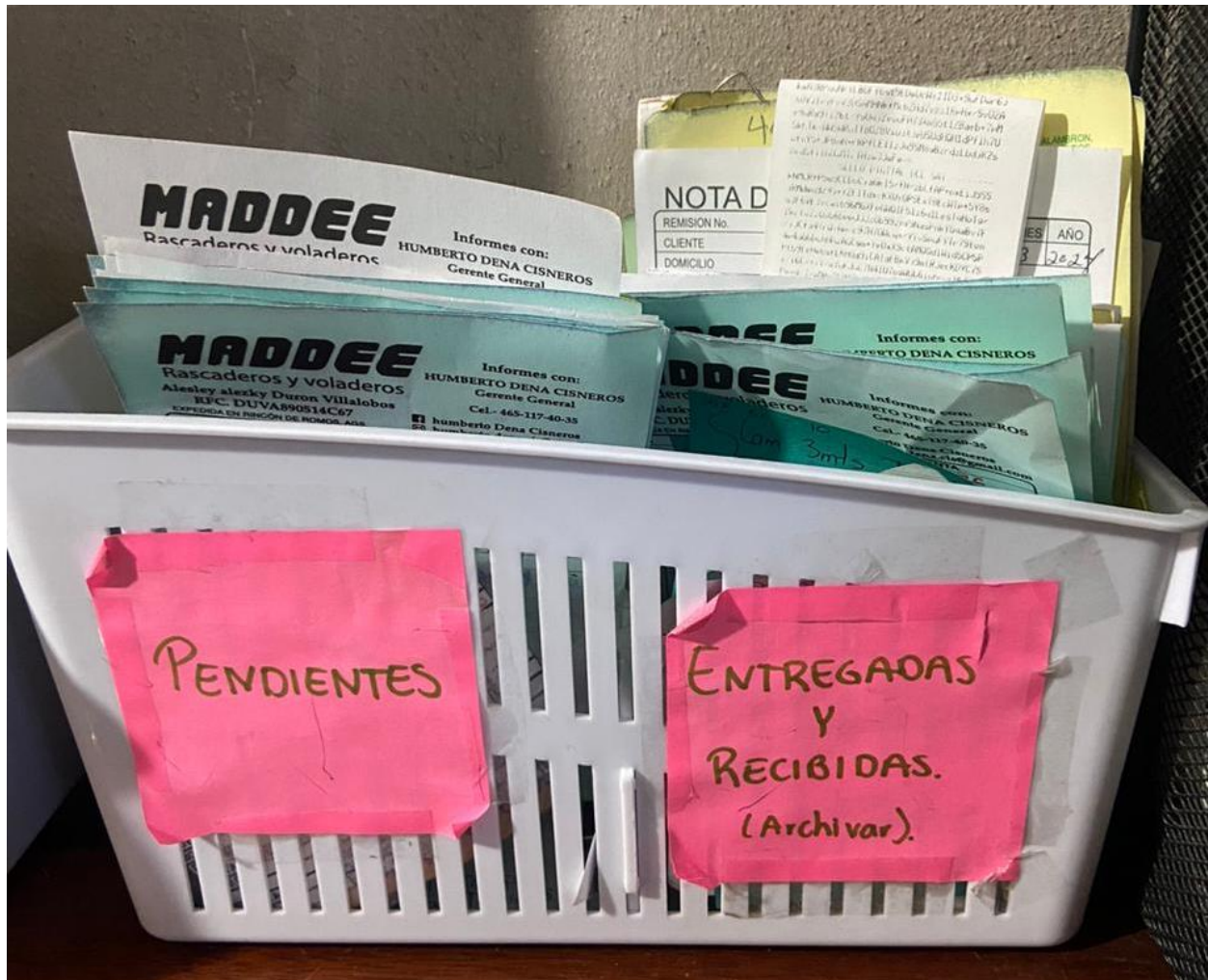


Ilustración 4. 5 Kanban MADDEE

Fuente: MADDEE Rascaderos y Voladeros, 2024

Como se puede observar, el Kanban que se implementaba en la empresa, no era muy adecuado, ya que, por cualquier descuido, solían desacomodar los pedidos por parte de los clientes, haciendo que en ocasiones unos se hicieran mal. O simplemente no los metieran a la línea de producción.

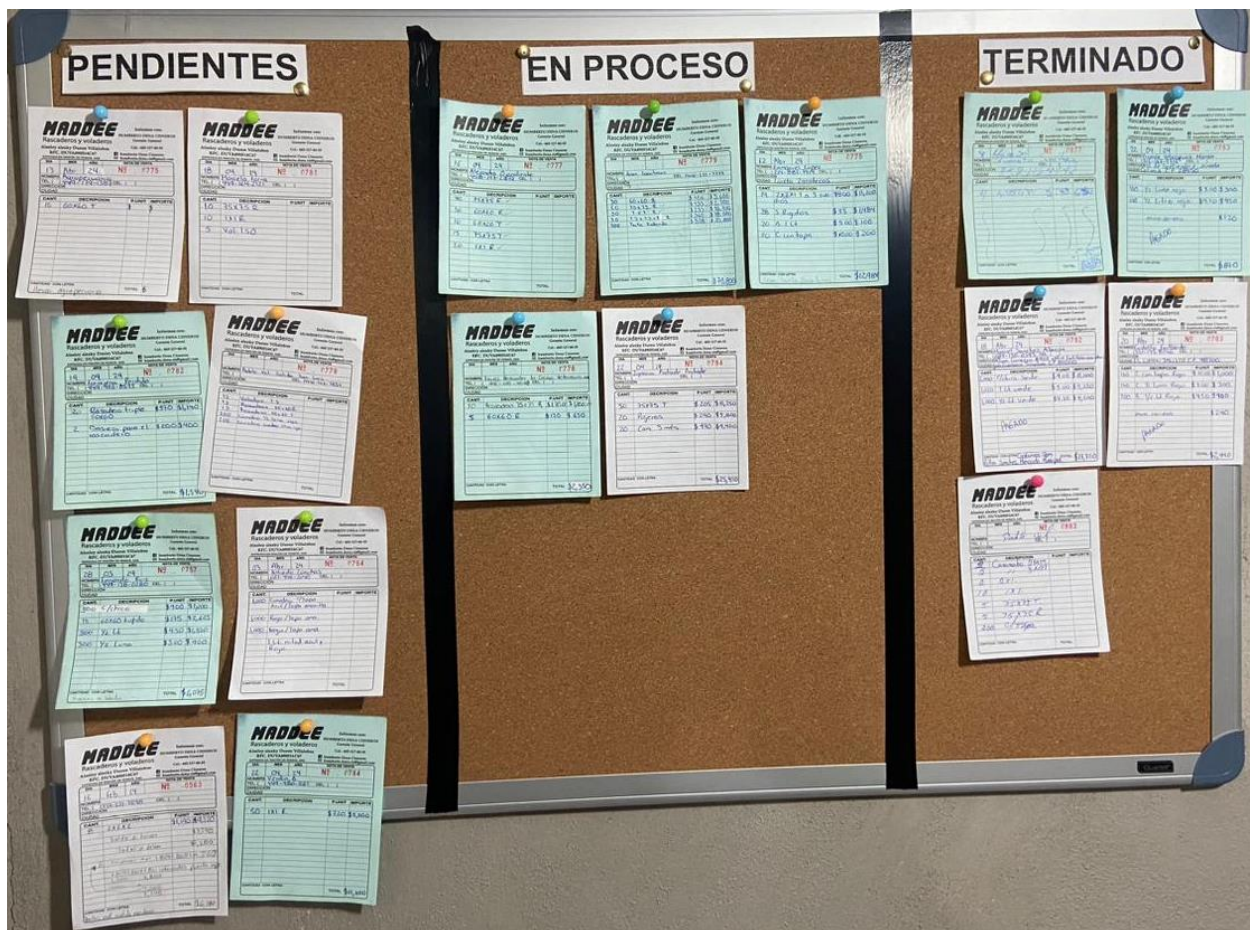


Ilustración 4. 6 Mejora al Kanban MADDEE

Fuente: MADDEE Rascaderos y Voladeros, 2024

Al realizar la mejora del KANBAN Ilustración 4. 5 Kanban MADDEE se nota un mejor acomodo al momento de tomar los pedidos de los clientes, ya que se tiene un mejor orden en las notas, y tal manera se puede apreciar con más facilidad los pedidos que están por meterse a la línea de producción, disminuyendo los errores. Hasta la fecha no se han presentado quejas por parte de los clientes.

Just In Time
Layout MADDEE

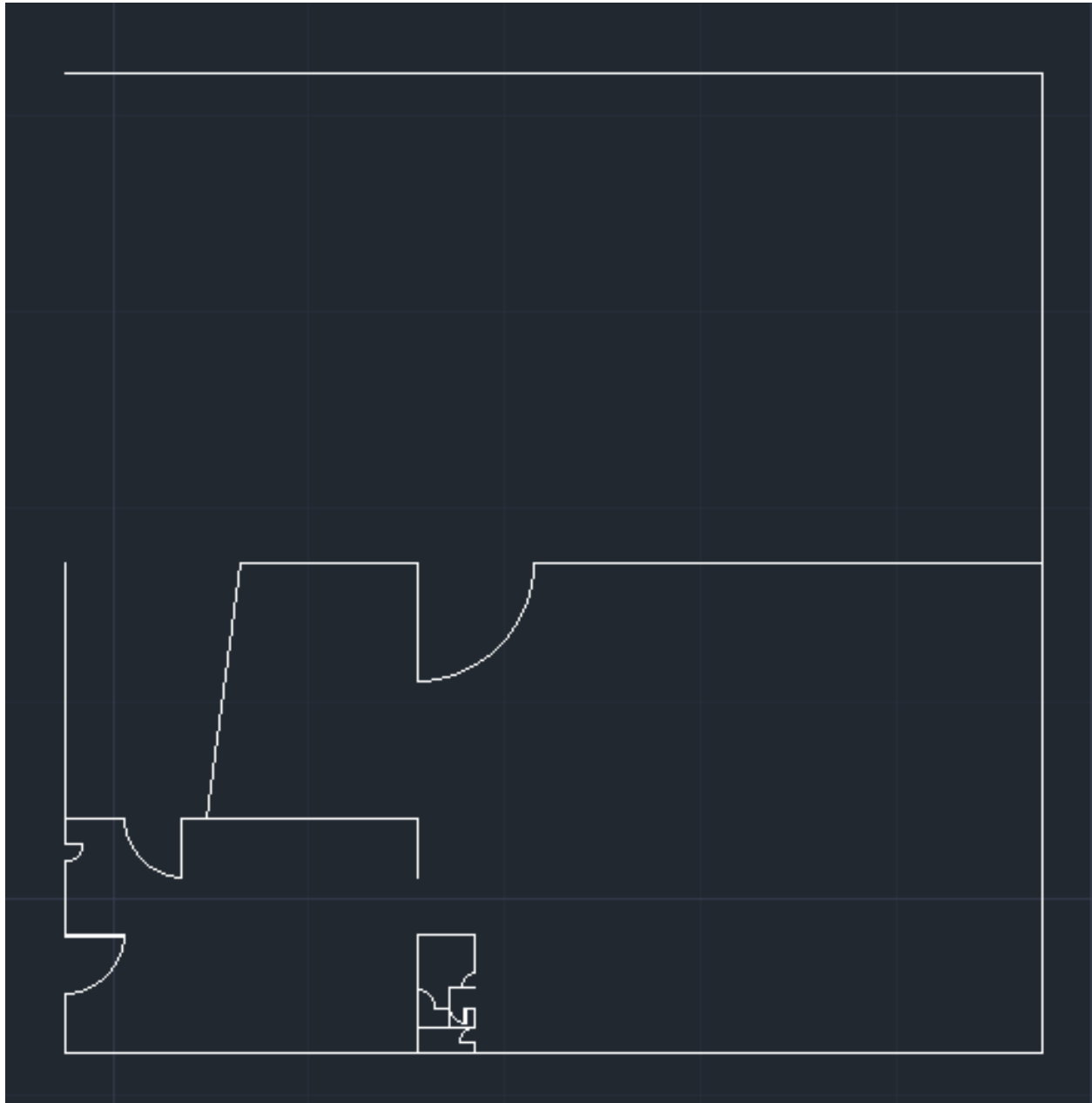


Ilustración 4. 7 Layout MADDEE sin medidas

Fuente: Elaboración propia

Se puede observa el plano de la empresa, actualmente la empresa se encuentra en crecimiento, por lo cual aun no se define muy bien, el plano de las instalaciones y de las áreas de trabajo.

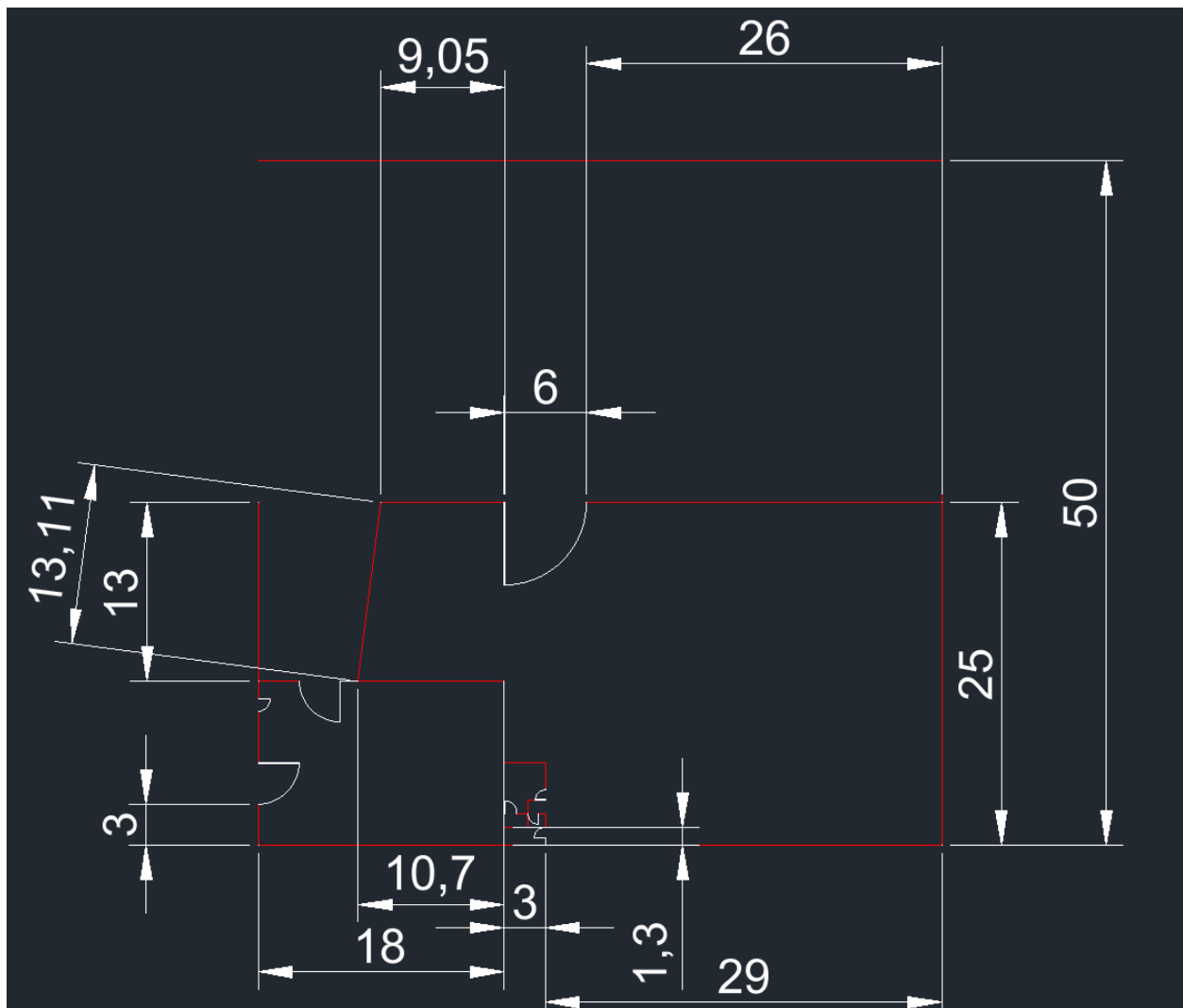


Ilustración 4. 8 Layout MADDEE con medidas

Fuente: MADDEE Rascaderos y Voladeros, 2024

Por cuestiones de la empresa, no se autorizó ninguna reubicación de las áreas de trabajo, ya que para la empresa le generaba gastos que no se tenían contemplados, por lo cual no se pudo llevar a cabo el uso de esta herramienta. En cambio, se dejó propuesta la idea del a cómodo de las áreas de trabajo, para evitar demasiados traslados, por parte de los trabajadores.

Las 5 “S” del método Kaizen

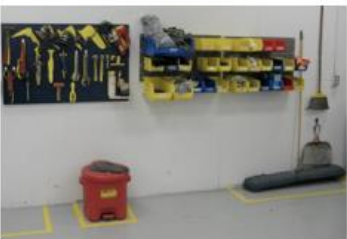
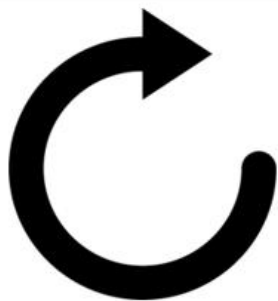
5 “S”		
Seire (Clasificar)	Separar lo necesario de lo innecesario, eliminando elementos no esenciales del lugar del trabajo.	
Seiton (Organizar)	Organizar y ubicar los elementos necesarios de manera eficiente y accesible, facilitando su identificación y uso.	
Seiso (Limpiar)	Mantener un ambiente de trabajo limpio y ordenado.	
Seiketsu (Estandarizar)	Establecer estándares y procedimientos para mantener la organización, la limpieza y el orden en el lugar de trabajo de manera consistente.	
Shitsuke (Autodisciplina)	Fomentar la disciplina y el compromiso con la mejora continua, asegurando que todos los miembros de la organización sigan los principios de manera constante.	

Ilustración 4. 9 Formato 5 S

Fuente: MADDEE Rascaderos y Voladeros, 2024

Se adecuo la Ilustración 4. 9 Formato 5 S de tal forma que fuera comprensible para cualquier persona.



Ilustración 4. 10 Área de punteo sin aplicar 5 S

Fuente: MADDEE Rascaderos y Voladeros, 2024

Se puede notar, que antes de llevar a cabo las 5 S, se aprecia un desacomodo en el área de trabajo, haciendo que se vea sucio, y que el trabajador no esté cómodo en su área de trabajo, al igual de que también hay cosas innecesarias, que no debería de estar en la máquina, por cualquier accidente que pudiera suceder.

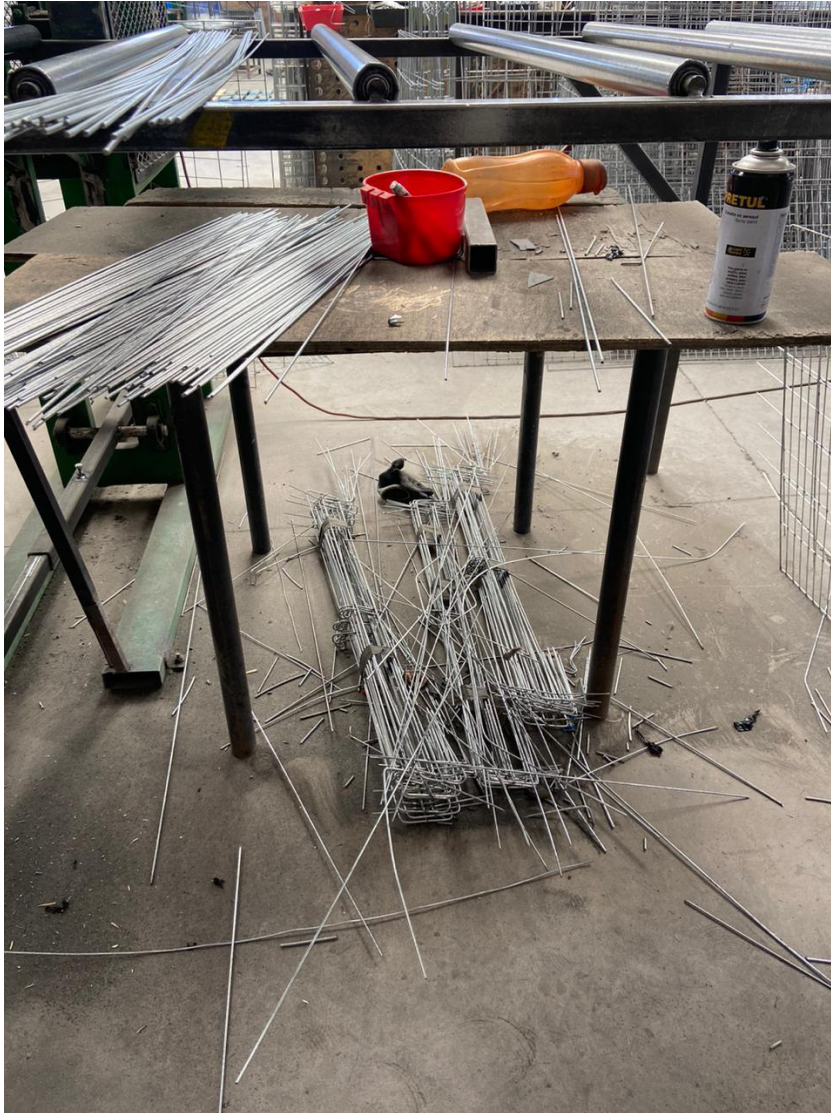


Ilustración 4. 11 Área de punteo sin aplicar 5 S

Fuente: MADDEE Rascaderos y Voladeros, 2024

Al igual que en la Ilustración 4. 10 Área de punteo sin aplicar 5 S, se observa que hay objetos que no deberían de estar en el área de trabajo, y otros que están desorganizados, de los cuales pueden llegar a ocasionar accidentes o simplemente al trabajador causarle molestia al trabajar, en base a investigaciones de diversas fuentes de internet, se observó que una persona que trabaja en total desorden es menos productiva, sin embargo cuando el área de trabajo esta ordenada y limpia, el trabajador es más productivo, ya que le ocasiona menos estrés, estar buscando su herramienta de trabajo.



Ilustración 4. 12 Área de punteo aplicado 5 S

Fuente: MADDEE Rascaderos y Voladeros, 2024

En la Ilustración 4. 12 Área de punteo aplicado 5 S, se aprecia un cambio notable al ya llevar a cabo la metodología de las 5 S, se tuvo complicaciones al principio con los trabajadores, ya que no estaban acostumbrados a la metodología, pero ya después de tiempo, que la fueron haciendo parte de su rutina, fue más fácil de llevarla a cabo.

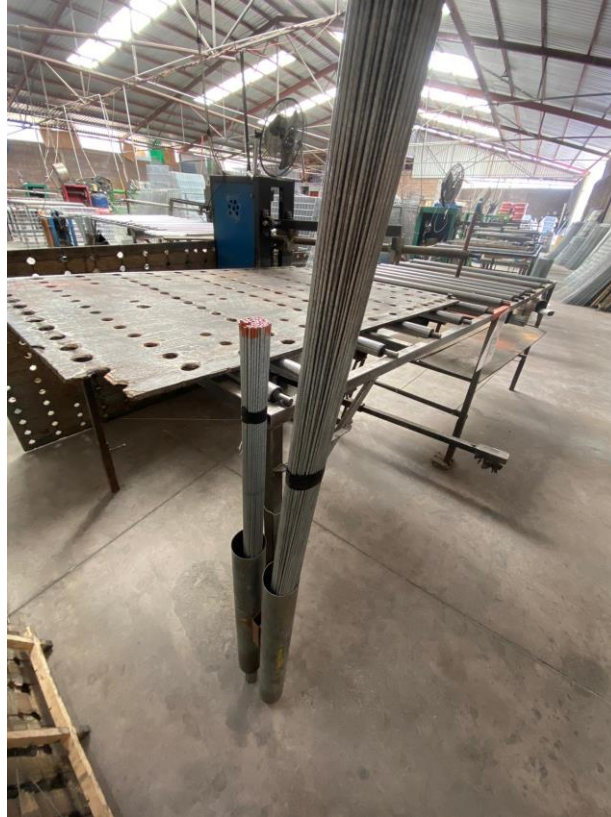


Ilustración 4. 13 Área de alambres

Fuente: MADDEE Rascaderos y Voladeros, 2024

Al notar que los trabajadores, colocaban los alambres, debajo de su máquina, se optó por instalarle a la maquina unas bases sujetadoras, para colocar ahí los alambres de mayor medida, facilitando su acomodo y ayudando al trabajador a tomarlos de manera más rápida, evitándoles fatiga.



Ilustración 4. 14 Acomodo de alambres

Fuente: MADDEE Rascaderos y Voladeros, 2024

Se realizo las separaciones de las diferentes medidas de alambre, para realizar una jaula, siendo más fácil que el trabajador los pueda tomar y visualizar la medida correspondiente a utilizar.

Cronograma de actividades

Tabla 1 Cronograma de actividades

Actividades	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
<i>Selección y definición del proyecto (Reporte preliminar)</i>						
<i>Análisis del problema</i>						
<i>Establecimiento de objetivos</i>						
<i>Implementación de contramedidas de acuerdo a las metodologías propuestas</i>						
<i>Revisión de resultados</i>						
<i>Asesorías de reporte final de residencias</i>						
<i>Elaboración de reporte final de residencias</i>						
<i>Entrega del reporte final</i>						

CAPÍTULO 5: RESULTADOS

12. Resultados

Después de aplicar las herramientas propuestas en el proyecto, algunas si se llegaron a cumplir en su totalidad, otras no, por cuestiones, que la empresa no lo autorizaba realizar. En primer caso se llevo a cabo la realización de la ruta critica del proceso de fabricación, donde nos arrojó que la colocación de la cerradura es una actividad que tiene un mayor tiempo de colocación, ya que es un proceso que se realiza artesanalmente. Se realizo primeramente en un formato de Excel el cual nos daba una holgura de 19, para tener más certero el resultado se decidió hacer una comprobación en el programa QM For Windows, donde de igual manera arrojaba una holgura de 19.

Otra de las herramientas que se implementaron fue el PDCA, en el cual se desglosó la problemática que se tenía, ya al tener la problemática, se buscaron las posibles soluciones, en las cuales una solución fue modificar el Kanban que se estaba usando por el momento dentro de la empresa, ya al tenerlo modificado se vio una gran mejora, ya que no había errores y era más fácil a la hora de interpretarlo.

Ya que se tenía la problemática vista, se llevo las adecuaciones necesarias para modificar el KANBAN, y que fuera de gran utilidad para la empresa. Se observó que era más fácil de interpretarlo. Y al tenerlo ya en práctica, la empresa podía decir un tiempo estimado para la salida de los pedidos de los clientes, evitándoles reclamos.

Al querer implementar un Layout la empresa, no dio la autorización de llevarlo a cabo, ya que les generaba gastos, que no estaban previstos. Ocasionando que no se realizara el layout propuesto.

Se aplicó la metodología de las 5 "S", en la cual se vio un cambio notable, al aplicarlo en la empresa, primero optamos en aplicarlo en una máquina de trabajo (punteadora). Ya que se llevó en práctica, al estar platicando con el trabajador, el mismo comentaba que si era más cómodo su área de trabajo, ya que anteriormente como estaba, el personal de limpieza no recogía el alambre que ya era desecho, y al estarlo haciendo el mismo,

ya sabía que cosas se podían tirar, facilitando tanto la limpieza de su área y haciéndola más cómoda para él. Se puede apreciar en la Ilustración 4. 12 Área de punteo aplicado 5 S. El formato que se estuvo aplicando para llevar a cabo la metodología de las 5 “S”, al igual del acomodo del alambre, para que el trabajador no tenga que realizar bastantes movimientos. Ocasionándole problemas ergonómicos. Se redujo al 100% los errores y tiempos de espera al realizarle los cambios necesarios al tablero de Kanban. Ya que anteriormente el 50% de los pedidos, demoraban bastante o en ocasiones al momento de fabricarlos ocurrían errores. Se separo los alambres conforme a su tamaño, para que fuera más rápido poder visualizar que medida es la que se ocuparía para realizar la jaula que está en producción. Al igual que en la Ilustración 4. 13 Área de alambres. Se opto por tener un área específica para los alambres de medida más grande, ya que estos anteriormente se metían debajo de la máquina, haciéndolos que estos sean difíciles de tomar y ocasionaban molestia al operador de la máquina.

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

13. Conclusiones del Proyecto

A partir del documento aplicado y desarrollado durante las residencias profesionales, al estar analizando la empresa de cuando se empezó a realizar el proyecto, hasta la fecha, se ve un cambio notable, ocurría mucho la confusión de los pedidos, por parte de la persona encargada de ventas y con en el encargado de producción. Al realizarle mejoras al Kanban, se mejoró bastante la toma de pedidos, ya que no se han presentado errores de fabricación hasta la fecha.

En la aplicación de la metodología de las 5" S" se observó también un cambio notable, ya que anteriormente se trabaja con un desorden, haciendo que el trabajador no estuviera a gusto en su área de trabajo, ya aplicado la metodología se vio un cambio, ya que no había alambres tirados por todas partes, cosas que no deberían de ir en el área de trabajo, el trabajador al estar en un área de trabajo más limpia y ordenando, se siente más cómodo al momento de realizar el trabajo.

Al estar trabajando las demás actividades, en algunas si se puedo trabajarlas en su totalidad, en otras por cuestiones de la empresa no se pudieron aplicar. En base a eso le dimos mas importancia a las herramientas que si nos autorizaron realizar. Actualmente la empresa con el proyecto aplicado tiene una mejor interacción con los clientes, ya que se les puede estimar un tiempo de fabricación de sus pedidos en un corto plazo, haciendo que no se fabriquen de mas piezas o menos de las solicitadas.

CAPÍTULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS

14. Competencias desarrolladas y/o aplicadas.

1. Analice la problemática de la empresa y en base a eso se analizó la solución más factible.
2. Diseñe un plan de trabajo más ergonómico, evitando que el trabajador se fatigara.
3. Gestione eficientemente los recursos que la empresa nos proporcionaba
4. Aplique métodos cuantitativos y cualitativos en el análisis e interpretación de datos y modelado de sistemas en los procesos organizacionales, para la mejora continua atendiendo estándares de calidad mundial.
5. Diseñe e implemente metodologías que se adecuaban conforme a las necesidades de la empresa.
6. Implemente planes y programas de seguridad e higiene para el fortalecimiento del entorno laboral.
7. Utilice las nuevas tecnologías de información y comunicación en la organización, para optimizar los procesos y la eficaz toma de decisiones.
8. Aplique métodos de investigación para desarrollar e innovar modelos, sistemas, procesos y productos en las diferentes dimensiones de la empresa.
9. Usar software básico y aplicado a Ingeniería.
10. Comunicarse efectivamente en forma oral, gráfica y escrita.

CAPÍTULO 8: FUENTES DE INFORMACIÓN

15. Fuentes de información

Referencias

- Acosta, W. (s.f.). REDES y PERT/CPM Método del camino crítico.
- Albano, S. P. (2008). Gestión administrativa en empresas del cordón industrial del gran rosario. Los procedimientos administrativos y el método Just In Time. .
- Ariza Soler, E. A. (2017). PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE TRANSPORTE DE LA EMPRESA CASCARILLAS DE COLOMBIA SAS., IMPLEMENTANDO EL MÉTODO CPM. Colombia.
- Badillo Carrasco, K. &.-N. (Septiembre de 2018). Uso de la metodología “Justo a tiempo” en las empresas de servicios. Observatorio de la Economía Latinoamericana.
- Br. Vertiz Vereau, Y. E. (2019). Optimización de la producción de néctar mediante el método de balance de línea de la empresa Enrique Cassinelli e Hijos S.A.C. Trujillo, Perú.
- Checa Huaccha, R. D. (2022). Aumento del nivel de servicio en una empresa de confecciones mediante la herramienta justo a tiempo.
- Espinoza Arias, A. M. (2020). Propuesta de mejora continua en el proceso de producción de una planta de plásticos mediante la metodología PDCA y manufactura esbelta.
- Malagón, J. C. (2011). Balanceo de líneas de producción fender y trunk. Ingeniero en procesos y operaciones Industriales. Santiago de Querétaro, UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE QUERÉTARO.
- Mesa, G. &. ((2009)). Optimización en procesos y asignación de recursos en las empresas del sector confección a través del balanceo de líneas de producción. .
- Moreno, J. A. (2020). Implementación de Kaizen en una empresa de maquinados industriales en la ciudad de Reynosa Tamaulipas. *Multidisciplinas de la Ingeniería*.
- Moyano Alulema, J. C. (2016). Optimización de la producción en el área de soldadura de la Empresa Ciauto Ambato mediante el balanceo de línea, utilizando estandarización de tiempos para el modelo M4.
- Orejuela Cabrera, J. &. (2019). Balanceo de líneas de producción en la industria farmacéutica mediante Programación por metas.
- Orozco, D. L. (2016). Aplicación de técnicas de balanceo de línea para equilibrar las cargas de trabajo en el área de almacenaje de una bodega de almacenamiento. *Scientia et Technica Año Año XXI, Vol. 21, No. 3*.
- Quiroga Juárez, C. A.-R. (2015). Solución de problemas de producción en una empresa manufacturera de calzado en León Guanajuato, México (Production Problems Solution of a Shoe Manufacturing Company in Leon Guanajuato, México).
- Rodriguez, S. M. (2007). Estrategia logística del justo a tiempo para crear ventajas competitivas en las organizaciones. Prospectiva.
- Rojas, J. (s.f.). *HubSpot*. Obtenido de <https://blog.hubspot.es/service/metodo-ruta-critica>
- Sosa Mayo, E. L. (2020). BALANCEO EN LINEA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DEL SEGUNDO PROCESO EN LA EMPRESA REDONDOS SA–HUAURA 2016.

Tapias, Y. A. (2010). Kaizen: Un caso de estudio. En *Scientia et technica* (págs. 16(45), 59-64).

Tobón, M. T. (2013). Solución del problema de balanceo de línea con estaciones de trabajo en paralelo, un caso de estudio en el sector de las confecciones (Doctoral dissertation, Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ingeniería Industrial. Ingeniería Industrial).

Valencia Sánchez, K. D. (2022). Optimización de procesos en el área de PDI de la empresa Automotores de la Sierra.

Vega, Y. M. (s.f.). BALANCEO DE LINEAS DE PRODUCCIÓN PARA UN MEJOR RENDIMIENTO.

嶺. (2002). KAIZEN o la Mejora Continua. Industrial Data.

- <https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/9e2ca56c-9872-4922-ad64-c850365cbc7e/content>
- <https://www.gestiopolis.com/wp-content/uploads/2001/07/redes-y-pert-cpm-metodo-del-camino-critico.pdf>
- <https://blog.hubspot.es/service/metodo-ruta-critica>
- <https://www.redalyc.org/pdf/849/84950585006.pdf>
- <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/c02f368b-241c-4df9-9372-37680cb79fbd/content>
- <https://www.redalyc.org/pdf/4962/496251109013.pdf>
- <https://www.eumed.net/rev/oel/2018/09/metodologia-justoatiempo-empresas.html/1000>
- https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/5249/1/TIB_ChecaHuacchaRodolfo.pdf
- <https://rephip.unr.edu.ar/server/api/core/bitstreams/fc028449-7c75-4236-8347-40f56148de55/content>
- https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/62229726/KAIZEN_0_LA_MEJORA_CONTINUA20200228-70564-9hpl3d-libre.pdf?1582939292=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DKAIZEN_0_LA_MEJORA_CONTINUA.pdf&Expires=1710357286&Signature=TMXQnpu3zAHvoIZBDuzpWkxdocdo5WkKOqGkmwKI2X-HBiZWxTJ~l8BPiA~NTBTPds4dDtKs95d7YxcorFEg6zltExOzm3UfNh1sh5V4d8FTClvxMwlyRhHbAcqBDUGbabt~W4mdbvsc5dbE-SSWqlttLsIOfeKtDtzi~lGwRA63oMNVc9vVM3WPKS-s8yxqNGWWvVd~TV9DFSj-

[SNAc4OpI7CAre0qKQRRhmOdjLMO4grNQ4nfO39gHQ72hLrrjihjGkTRKr7ecIBA~eo5Lmj4EXxoqxvyQXQggigPmVR1oImD~1LjhJg-bmXu2URh~~aT2Iy3C1fbnkBhagoOalCA &Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/15595)

- <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/15595>
- <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/52729655/216-431-1-SM-libre.pdf?1492743696=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DOptimizacion en procesos y asignacion de.pdf&Expires=1714512486&Signature=Soy60MK7szDaWi2WcPSb4VH6ikkq07OXDkX4DrFFNeMCSRgjSww7AF0v4RLepol3nd1xWW4R4Jk23HYlagfmV1ThDYj3y7lr50SBSEj0ZR3NPx9fVfVZTL~TiPZy7xBVp2JbrPRLuBZUzqCn8JzRCO029j75w-AHYOZy-8S85mcrJ2ODIbvMYJQXIMR1DD-A01wiwmhbAZOmOO3UpP6nD9PflDsaw2TukfYUSixpgWgP~XkzCYXj6u60J~rCI0gAzKLJx6vKF2xqX38hW~6eLzxBOM2YkKsQj1Hul8zEiTjNKVsiDHNypvwT-PgmChwmUoyoZzHU8rVajy-mE~DQ1w &Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA>
- <https://pabellon.tecnm.mx/CENTRODEINFORMACION/app/files/091050130.pdf>
- <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/3792/TESIS%20-%20FINAL%20EVELYN%20SOSA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/48492312/Balance de linealibre.pdf?147275483=&responsecontentdisposition=inline%3B+filename%3DBalanceo de lineas de produccion fender.pdf&Expires=1715099015&Signature=LJXiafdSAh24MdPz40Ye4S0cgg07wJ7omSlq3MLM0KpZMzzZAQiy91Th2kwnzoCcSiWAOGdQE3Qu3TtLsunamXLSA1IHO1BAYaY3IFOhMNzWuSaXPZUwoEWv9HftYjtYcaGUOr9pXLgRPe~aqcTL05dV6G8ArBmW4jk9TgSxSW6hYVXUVAQhlpJfnUCmRvDVPc3oHGt8S8UjS02uNVwi8Obx01cTe3ID38v9SJUuJirhe15ljNV5tyc6jm1TNCvy7NP6tJc6Z2452PSfTU8IsdHKnxrd91rR8xMyAj8XIBRGjMTB2RvKYHG2VEbiCFZtjDOTFA9J8-Q81IA &Key-PairId=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA>
- <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/51587655/658542T112libre.pdf?1485989546=&responsecontentdisposition=inline%3B+filename%3DBalance de Linea1.pdf&Expires=1715100127&Signature=XWIU~eimxONoNv7NS2O7JP6p65n9G16um>

[Es9Ff1GE54n60LEez7ZuIvAQqOuXu69sdalNavt5ueTT3LbFAuGCgfnfyfdvGePF
TtAPLbZhHfBtCQKVo1Z3k31V7CAwOrhm87OuupxbkoV4jMmatT2BV8Q6uGsa
mZ4kMEip0KlsuDF5KHAtazwCparIBJ5mEpRiH8clCKeT8XtLfxflkiuy16bG57W1h
Abg8qYVc5t8xFsJafQxZHFyiVTN9DiNm2y5mBvYOZbA446cWDH4IA1IIOY0IG5
OjUvEMAZ22CX4q7a29xLibm-J-9cbLf79SadXIEWyq35NJ71gl2Q_ &Key-
PairId=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://www.scribd.com/document/Es9Ff1GE54n60LEez7ZuIvAQqOuXu69sdalNavt5ueTT3LbFAuGCgfnfyfdvGePF/TtAPLbZhHfBtCQKVo1Z3k31V7CAwOrhm87OuupxbkoV4jMmatT2BV8Q6uGsamZ4kMEip0KlsuDF5KHAtazwCparIBJ5mEpRiH8clCKeT8XtLfxflkiuy16bG57W1hAbg8qYVc5t8xFsJafQxZHFyiVTN9DiNm2y5mBvYOZbA446cWDH4IA1IIOY0IG5OjUvEMAZ22CX4q7a29xLibm-J-9cbLf79SadXIEWyq35NJ71gl2Q_&Key-PairId=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

- <https://deliverypdf.ssrn.com/delivery.php?ID=233094095078068075069020113092116090096053008001005052086022067024066092121028076064114100125059114059052101028106115113074087056008068003082004112023030085000000118042021022111124122064019110064079082097071079016005107076073066094012127086004124103106&EXT=pdf&INDEX=TRUE>
- <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/5635/Balanceo%20de%20%c3%adneas%20de%20producci%c3%b3n%20en%20la%20industria%20farmac%c3%a9utica%20mediante%20Programaci%c3%b3n%20por%20metas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4479>
- <https://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/3783/1/VALENCIA%20SANCHEZ%20KLEVER%20DAVID.pdf>
- <https://mdi.uanl.mx/index.php/revista/article/view/235/199>

CAPÍTULO 9: ANEXOS

17. Anexos

