

REDISEÑO DE PROCESOS FUMIGADORA DE ESPALDA

JOHANN ANDRES TEJEDA REYES

JUAN DAVID DURAN MILLÁN

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA ANTONIO JOSÉ CAMACHO

FACULTAD DE INGENIERIAS

TECNOLOGÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL

CALI - COLOMBIA

2019

REDISEÑO DE PROCESOS FUMIGADORA DE ESPALDA

JOHANN ANDRES TEJEDA REYES

JUAN DAVID DURAN MILLÁN

Trabajo de Grado presentado para optar al título de Tecnólogo en Producción Industrial

ASESORA: Ing. GLORIA AMPARO ZAPATA AGUDELO

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA ANTONIO JOSÉ CAMACHO

FACULTAD DE INGENIERIAS

TECNOLOGÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL

CALI - COLOMBIA

AÑO 2019

Nota de aceptación:

**Aprobado por el Comité de Grado en
cumplimiento de los requisitos exigidos por la
Institución Universitaria Antonio José Camacho
para optar al título de Tecnólogo en Producción
Industrial**

Jurado

Jurado

Santiago de Cali, 24 de noviembre de 2019

Dedicatoria

Dedicamos este proyecto de grado a:

Dios por darnos la fortaleza y perseverancia que se necesita para lograr afrontar los desafíos que se nos presentaron durante nuestras carreras.

Nuestras familias por su apoyo, comprensión y acompañamiento durante esta etapa de sacrificio y esfuerzo para lograr nuestro objetivo de ser tecnólogos en producción industrial.

Nuestros profesores, por compartimos algo de sus conocimientos y experiencia para lograr formarnos como tecnólogos en producción industrial.

Agradecimientos

A nuestra asesora, la ingeniera Gloria Amparo Zapata Agudelo, por su ayuda, guía y correcciones en este proyecto, pues gracias a su conocimiento y experiencia logramos concretar este proyecto de manera óptima.

A la empresa TALLER RENTERIA – FUMIGADORAS TAREA, por brindarnos su colaboración al permitir que conociéramos su proceso productivo y crear planes de mejora en conjunto. También a todos los colaboradores de esta empresa, por su gran ayuda al compartir con nosotros los procesos internos de una manera clara, pues de este modo, se logró el cometido del rediseño de estos procesos.

Solo queda decir, en palabras de Gustavo Cerati, “gracias totales”.

Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen	12
Introducción.....	13
1. Planteamiento del problema	15
1.1 Formulación del problema	29
1.2 Sistematización del problema	29
2. Justificación.....	30
3. Objetivos	31
3.1 Objetivo General.....	31
3.2 Objetivos específicos.	31
4. Marco teórico	32
4.1 Desarrollo del proyecto	37
5. Metodología de investigación.....	82
6. Cronograma	84
7. Conclusiones.....	85
8. Recomendaciones	86
Bibliografía.....	87

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Costos pieza fumigadora.	14
Tabla 2. Equipos y mano de obra área de fumigadoras.	18
Tabla 3. OEE torno.	20
Tabla 4. OEE inyectora automática.	21
Tabla 5. OEE inyectora manual.	22
Tabla 6. Diagrama de proceso inyección de piezas.	23
Tabla 7. Retrasos proceso.	26
Tabla 8. Orden de pedido.	33
Tabla 9. Diagrama de proceso materia prima.	38
Tabla 10. Aplicativo almacén.	40
Tabla 11. Formato en Excel gestión de inventario.	41
Tabla 12. Diagrama de proceso ensamble fumigadora de espalda.	43
Tabla 13. Tiempos proceso de ensamble	44
Tabla 14. Actividades proceso de ensamble	52
Tabla 15. Tiempo esperado	53

Tabla 16. Cuadro de presidencia actividades	55
Tabla 17. Tiempos en minutos de ensamble por sistemas.	60
Tabla 18. Tiempo optimo esperado para ensamble de sistemas.	61
Tabla 19. Actividades proceso de ensamble por sistemas.	62
Tabla 20. Tiempos esperados proceso de ensamble por sistemas.	63
Tabla 21. Tareas realizadas por estación de trabajo	65
Tabla 22. Costos de nómina	71
Tabla 23. Comparativo de tiempos antes y después del rediseño	72
Tabla 24. Comparativo de antes y después del rediseño	74
Tabla 25. Comparativos costos antes y después del rediseño	75

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. venta fumigadoras por mes	15
Figura 2. Fumigadora tarea y sus componentes.	16
Figura 3. Diagrama de flujo Fumigadora de espalda.	16
Figura 4. Diagrama de causa y efecto.	25
Figura 5. Interfaz programa winqsb.	34
Figura 6. Interfaz programa winqsb datos para la simulación.	35
Figura 7. Resultados simulación interfaz programa winqsb.	36
Figura 8. Costos simulación programa winqsb.	36
Figura 9. Diagrama de red proceso de ensamble	54
Figura 10. Ruta crítica	55
Figura 11. Sistema de dispersión sistema 1.	56
Figura 12. Tanque y espaldar sistema 2.	57
Figura 13. Sistema químico sistema 3.	58
Figura 14. Pistola de dispersión. Sistema 4.	58
Figura 15. Ensamble total	59
Figura 16. Diagrama de red del proceso de ensamble	65

Figura 17. Diagrama del rediseño ensamble.	68
Figura 18. Diagrama de flujo rediseño fumigadora de espalda.	70

Lista de Gráficos

	Pág.
Gráfico 1. Diagrama Pareto retrasos proceso.	28
Gráfico 2. Tiempos de solicitud de piezas.	49
Gráfico 3. Tiempos de transporte al área de ensamble.	50
Gráfico 4. Tiempos de alistamiento.	51
Gráfico 5. Tiempos de ensamble.	52
Gráfico 6. Tiempos de prueba.	53
Gráfico 7. Tiempos de limpieza.	54
Gráfico 8. Tiempos de empaque.	55

Resumen

Los procesos industriales exigen un control en la fabricación de los productos. La mejora busca rediseñar los procesos y obtener consistencia entre las operaciones de forma manual como, por ejemplo, el área de ensamble. Se tiene la misión de mejorar la producción en cuestión de tiempo y calidad de los procesos; se hace una indagación en los conocimientos del operario para adelantar estudios con los que se establece una nueva estrategia de producción y rediseños de procesos, basados en los datos arrojados de este estudio previo y, por último, se espera que el proceso mejore de manera positiva con respecto a las características que se tenía anteriormente del mismo en la actualidad.

Palabras clave

Ingeniería, industria, rediseño, ensamble, estrategias de producción.

Abstract

Industrial processes require control in the manufacture of products, the improvement seeks to redesign the processes and obtain consistency in them, this in turn in some of its operations manually as is the assembly area. It has a mission to improve production in terms of time and quality in the processes, a reflection is made on the knowledge of the operator, to make studies to make a new production strategy and process redesigns with these data, it is expected that the process improves in a positive way with respect to the characteristics of this process today.

Keywords

Engineering, industry, redesign, assembly, production strategies.

Introducción

Este proyecto se encuentra orientado al estudio de los procesos de producción de la fumigadora de espalda en la empresa TALLER RENTERIA – FUMIGADORAS TAREA, la cual, no cuenta con estándares para la producción de su principal producto, la fumigadora de espalda, en la actualidad. Los procesos industriales exigen un control en la fabricación de los productos. Por esta razón, la mejora busca rediseñar los procesos y obtener consistencia en ellos, puesto que se mantiene la preocupación de mejorar la producción de las fumigadoras de espalda, ya que es el producto más fabricado en la empresa.

En lo que se refiere a cuestiones del proceso, se hace una indagación en los conocimientos del operario para analizar esta problemática. Para ser más precisos, esta indagación se basa en el uso adecuado de los insumos e instalaciones, ya que a lo largo del tiempo, cada una de las actividades realizadas por las personas que se dedican a esta labor se ha realizado de forma distinta y muchas veces, determinada por la experticia del operario, por la persona que capacitó inicialmente a estos operarios, o en su defecto, la capacidad de los mismos se desarrolló mediante un proceso de mimesis a través de observar la forma de trabajo de otros empleados. Por tal motivo se emprende el contenido de este proyecto.

Con el objetivo de rediseñar los procesos productivos de la fumigadora de espalda en la empresa TALLER RENTERIA – FUMIGADORAS TAREA, este proyecto lleva a cabo las siguientes etapas: en primer lugar, las entrevistas a operarios y directivos sobre los procesos productivos; en segundo lugar, se encuentran las tomas de tiempo y el análisis del tiempo de

procesos; y por último, la elaboración de documentos de los procesos operativos y sensibilización del personal de la organización.

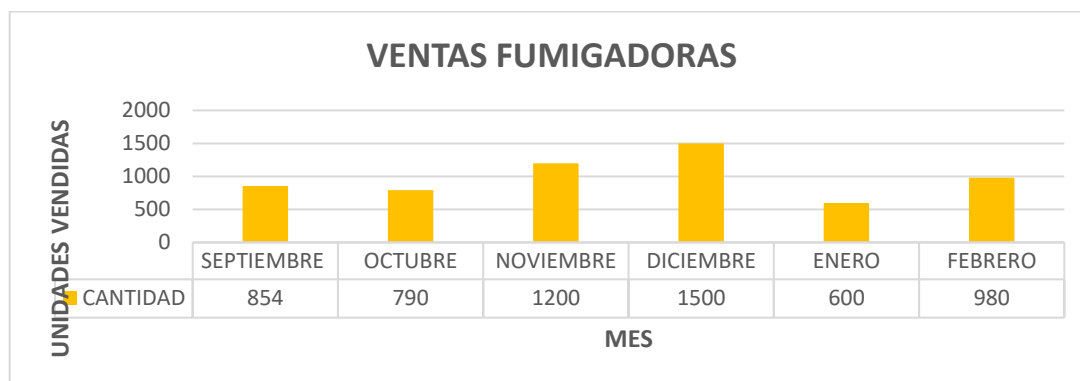
Es importante aclarar que el tipo de estudio que se utilizó fue descriptivo, analítico y de campo, ya que el objetivo es implementar una nueva estrategia de producción basada en estos datos. Se espera que el proceso mejore de manera positiva con relación a las características que se tenía anteriormente del mismo, logrando optimizar el proceso productivo de la fumigadora de espalda de una manera eficaz.

1. Planteamiento del problema

La empresa TALLER RENTERIA – FUMIGADORAS TAREA es una empresa dedicada a la venta y comercialización de productos de fumigación, con inyección por soplado y ensamble, por medio de procesos, innovación, ingeniería y tecnología adecuada. La empresa nació en 1993 y es fabricante directo de sus segmentos de fumigadora, logrando un alto grado de calidad y confiabilidad en los mismos, así como también en la producción y mejoramiento de equipos de todas las marcas y sistemas que operan en el mercado. Todo esto gracias a una vida útil llena de conocimientos acumulados durante medio siglo de trabajo de toda una familia y sus colaboradores.

Las ventas de la fumigadora de espalda son en promedio 987 unidades al mes. Al no tener la cantidad específica a realizar se incurre en sobrecostos cuando se producen de más, ya que se deben extender los horarios del personal de ensamble para lograr cumplir con la meta de producción para que, posteriormente, el producto permanezca en bodega. El sobrante es vendido al detal a compradores pequeños, lo que al momento genera saturación en bodega por la producción excesiva de este producto.

En la figura 1 se observa la cantidad de fumigadoras de espalda vendidas en los meses de septiembre 2018 a febrero 2019.

Figura 1. Ventas fumigadoras por mes.

Fuente: Propia.

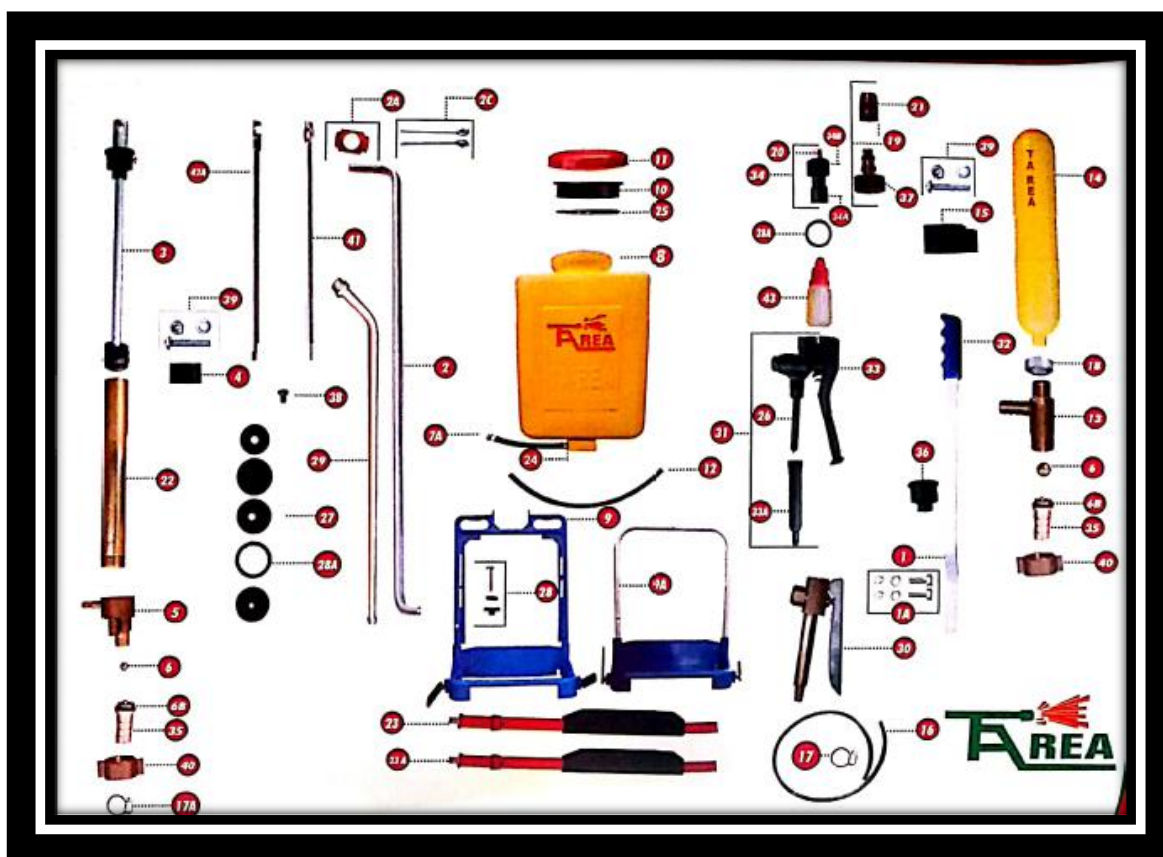
Tabla 1. Costos piezas fumigadora.

COSTOS DE PIEZAS PARA EMSAMBLE DE FUMIGADORA	
PIEZAS	VALOR
EMPAQUE RECIPIENTE	\$ 60
CHAVETA 1/16	\$ 13
TORNILLO PALANCA 1/4	\$ 68
ABRAZADERA EMBOLO PLÁSTICA	\$ 79
TAPA EMBOLO	\$ 90
MANGUERA DE SALIDA ACUMULADOR	\$ 212
FILTRO RECIPIENTE	\$ 164
ABRAZADERA TANQUE PLÁSTICA	\$ 178
KIT EMBOLO	\$ 391
VARILLA PISTÓN EMBOLO SOLA	\$ 428
ESFERAS inox 7/16-(2)	\$ 600
KIT RECIPIENTE	\$ 536
TAPA RECIPIENTE	\$ 547
MANGUERA DE SALIDA 1,20cm	\$ 1.020
VARILLA ASCENSO	\$ 947
LLAVE	\$ 1.107
PALANCA	\$ 1.125
LANZA	\$ 1.353
TEE SALIDA	\$ 1.393
CORREA Economica	\$ 1.500
CHEQUE CON RACOR	\$ 1.566
TANQUE PRESIÓN TAREA	\$ 4.250
CABEZOTE EMBOLO EN BRONCE	\$ 4.800
CHASIS PLASTICO	\$ 5.000
RECIPIENTE	\$ 6.940
ARANDELA VARILLA DE ASCENSO	
BOQUILLA	
ABRAZADERA DE MEDIA	
TUBO DE SALIDA	
MANGUERA TUBO SALIDA (8cm)	
SUB TOTAL:	\$ 34.367
Ensamble de fumigadora	\$ 30.000
TOTAL FABIRCAACION FUMIGADORA	\$ 64.367

Fuente: Propia.

Asimismo, tenemos que este producto cuenta con 30 piezas las cuales en su gran mayoría son elaboradas en la propia empresa como se muestra en la figura 2.

Figura 2. Fumigadora tarea y sus componentes.

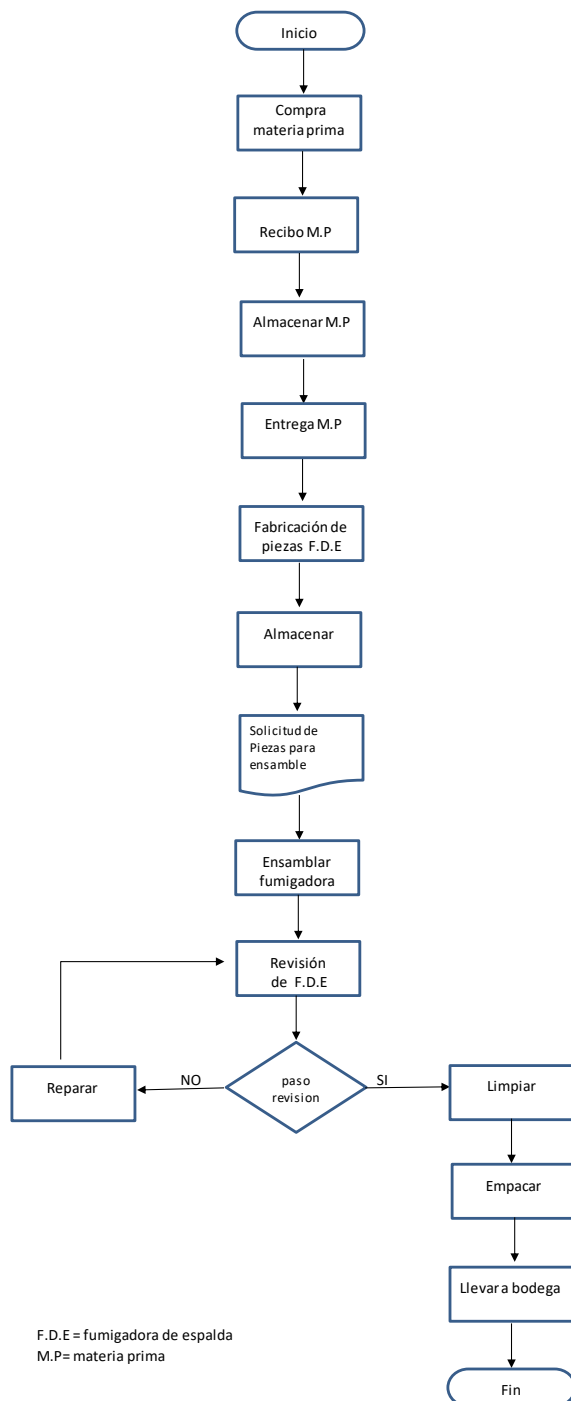


Fuente: Taller Rentería – fumigadoras tarea

Fumigadora

El costo de fabricación de la fumigadora de espalda es de \$64.367 m/cte. por cada unidad producida y su tiempo aproximado de fabricación es de tres horas cuarenta y siete minutos (3h/47min). Esta empresa, al no contar con un método de producción organizado, incurre en demoras innecesarias por faltante de piezas, materia prima o por no tener la maquinaria disponible al ser usada en distintos procesos de producción.

En los siguientes diagramas se muestran los procesos para la fabricación de fumigadoras de espalda.

Figura 3. Diagrama de flujo Fumigadora de espalda.

Fuente: Propia.

En la siguiente tabla se muestran los equipos y mano de obra con los que cuenta la empresa para la fabricación de fumigadoras de espalda.

Tabla 2. Equipos y mano de obra área de fumigadoras.

MANO DE OBRA		Turnos	
Función	Cantidad de Operarios	Lunes a viernes	08 a 17
Torno	6	sábados	08 a 16
troquel adora	2		
Inyectoras	5		
Soldadores	2		
Ensambladores	2		
Multitarea	4		
Total	21		

Fuente: Propia.

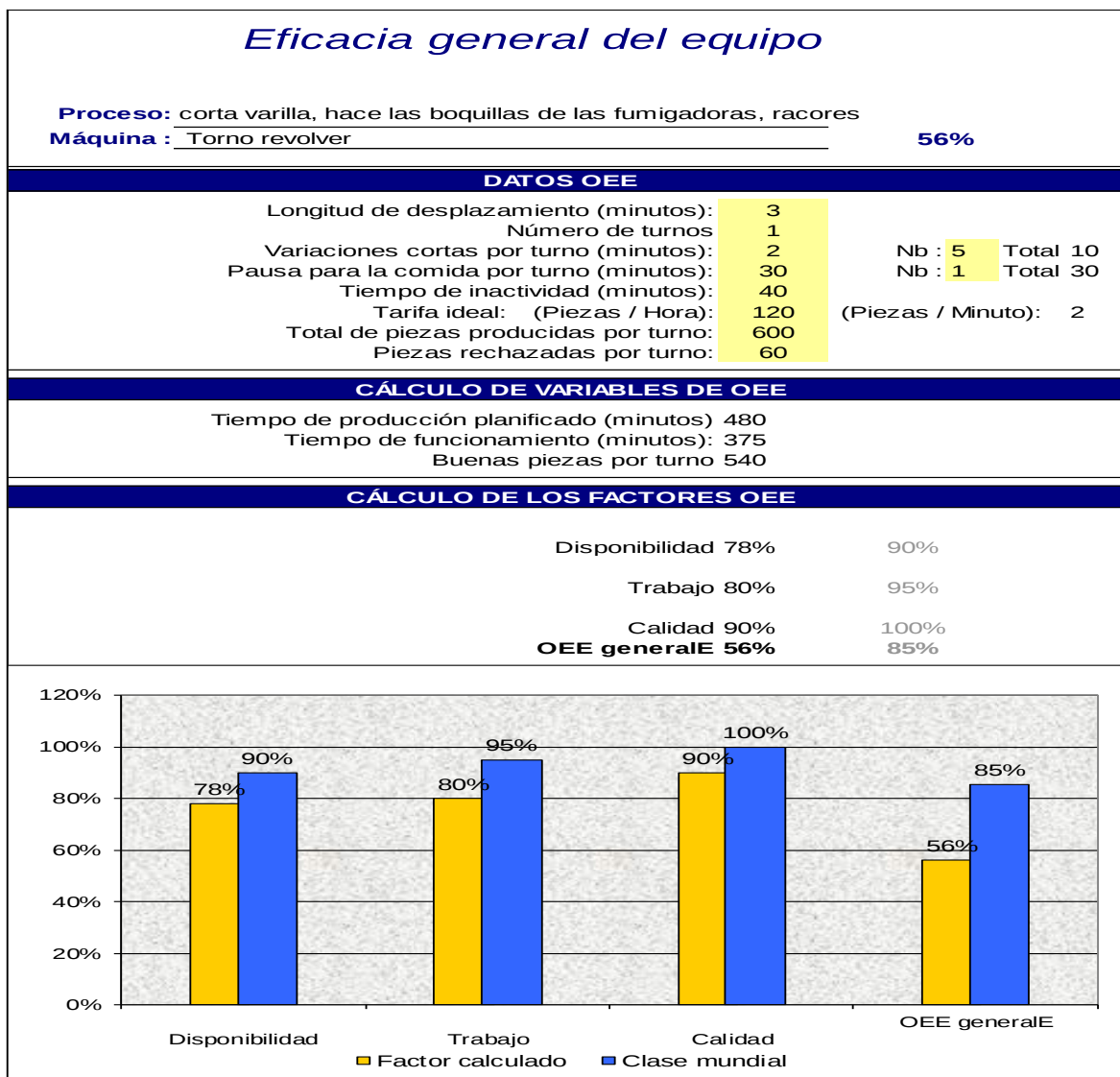
Como se observa en la tabla 2, solo se manejan turnos de ocho horas (8h) para los equipos críticos, es decir, los tornos e inyectoras. Los otros equipos están sujetos a producción del día debido a que no hay operario asignado a cada equipo. Encontramos que la mayoría de ellos manejan varios equipos, por lo que no se cuenta con estándares de producción, pues cada operario produce más o menos fumigadoras o piezas de fumigadora dependiendo de su experiencia. Los únicos operarios encargados de un equipo asignado son los soldadores porque deben realizar trabajos de soldadura para diferentes productos de la empresa. Por

estos motivos se considera necesario el rediseño de los procesos para la fumigadora de espalda.

En las siguientes tablas se muestran la efectividad global de producción para los equipos más relevantes que intervienen en el proceso. Se describen a continuación:

- Torno revolver
- Inyectora cierre automático
- Inyectores cierre manual.

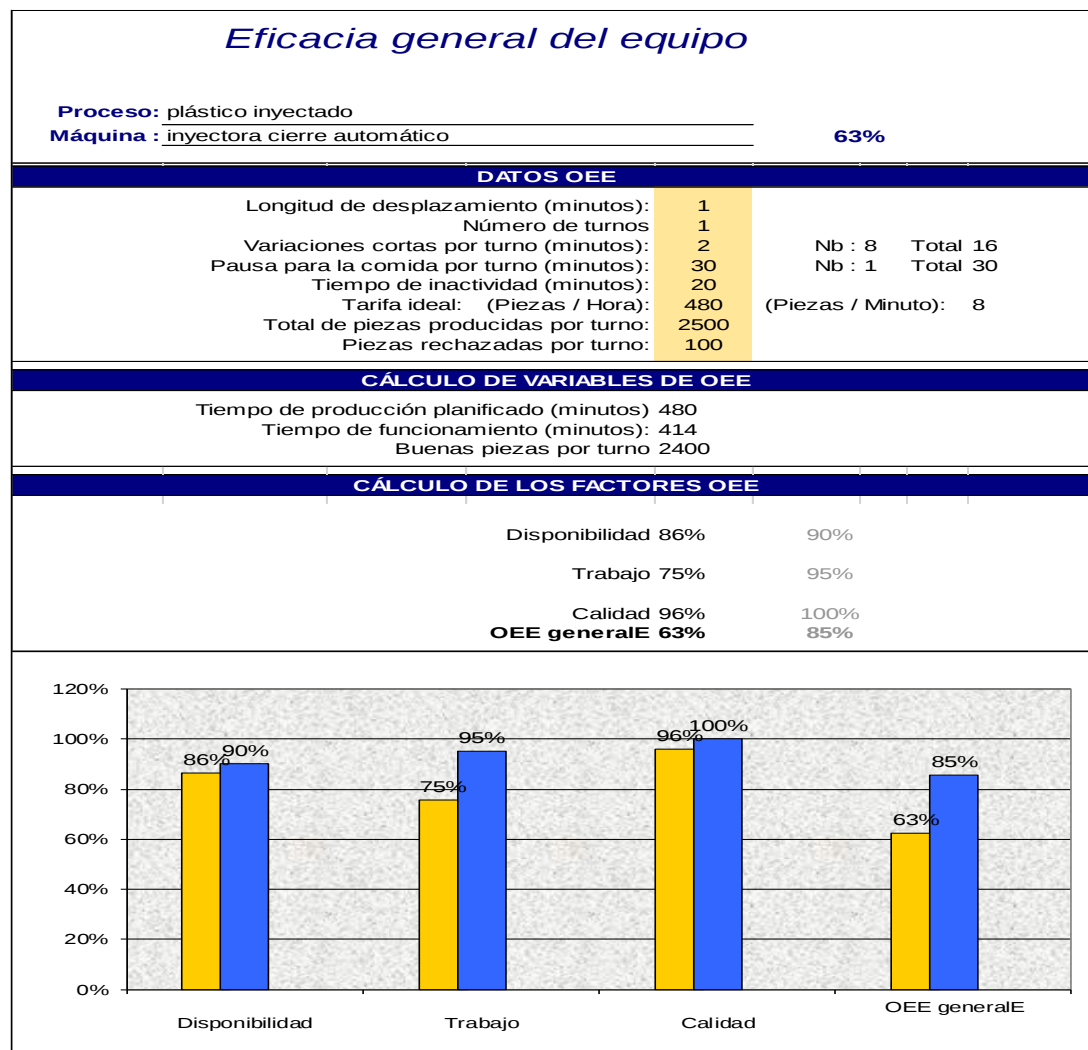
Tabla 3. OEE torno.



Fuente: Propia.

En la tabla 3 se observa que el torno revolver tiene una eficacia general de 56%, una disponibilidad de 78% y calidad de 90%. Lo que indica que el equipo está trabajando al 56% de su capacidad, pero goza de una excelente calidad, puesto que no genera gran cantidad de piezas defectuosas.

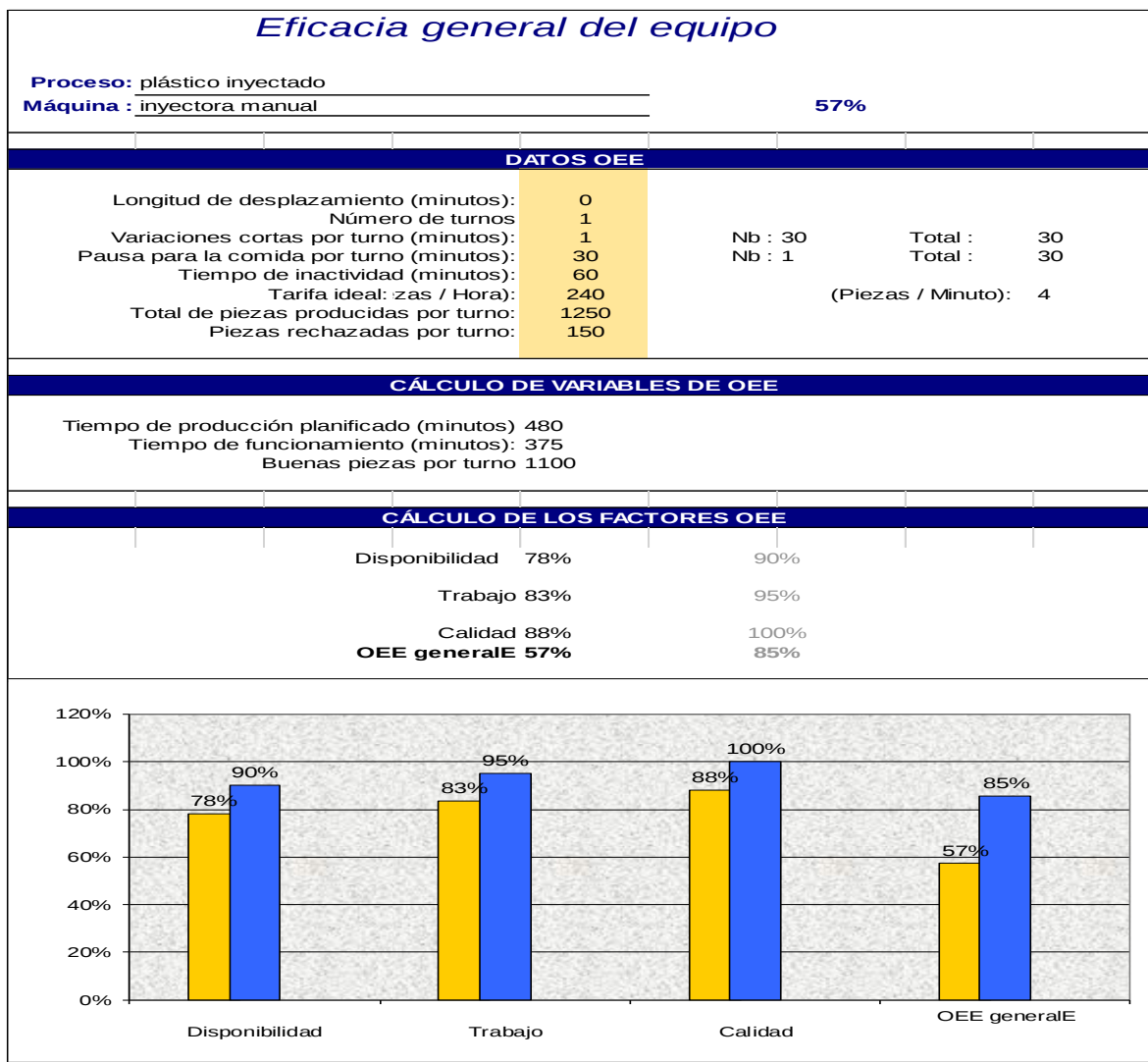
Tabla 4. OEE inyectora automática.



Fuente: Propia.

En la tabla 4 se observa que la inyectora de cierre automatico tiene una eficacia general de 63%, una disponibilidad de 86% y calidad de 96%. Lo que indica que el equipo este trabajado al 63% de su capacidad, pero al igual que en el resultado anterior, este equipo goza de una buena calidad lo que implica que no genera gran cantidad de piezas defectuosas.

Tabla 5. OEE inyectora manual.



Fuente: Propia.

En la tabla 5 se observa que la inyectora manual tiene una eficacia general de 57%, una disponibilidad de 78% y calidad de 88%. Lo que indica que el equipo este trabajado al 57% de su capacidad, pero goza de una calidad favorable, pues tampoco genera gran cantidad de piezas defectuosas.

Tabla 6. Diagrama de proceso inyección de piezas.

diagrama de proceso inyeccion de piezas					Operario	Material	Equipo
Diagrama Num.	Hoja Num.	Resumen					
Objeto: identificar los tareas realizadas en el proceso		Actividad		Actual	Propuesta	Economia	
		Operación	○	4			
		Transporte	⇒	1			
Actividad:almacen y produccion de piezas en polimero		Inspeccion	□	1			
		Almacenamiento	▽	1			
		Demora	D	0			
Metodo : Actual / Propuesto		Tiempo (hora-hombre)		8 horas			
Lugar: empresas		Costos:					
Operario (s) :	Ficha Num. 1	Mano de obra		32,775			
		Materiales					
Compuesto por:	Fecha:	Totales					
Aprobado por:	Fecha:						
Descripcion	Tiempo (min)	○	⇒	D	▽	□	Observaciones
solicitud de materia prima en almacen	5	*					
alistamiento de maquinaria	45	*					
inyeccion de polimeros	0,35	*					Este es el tiempo de producción de la maquina inyectora por pieza la cual trabaja 7 horas.
inspeccion de producto terminado	0,1					*	
conteo de piezas producidas	3	*					
transporte a la bodega	2		*				
almacenamiento de piezas terminadas	5				*		
Total	60,45	5	1	0	2	2	

Fuente: Propia.

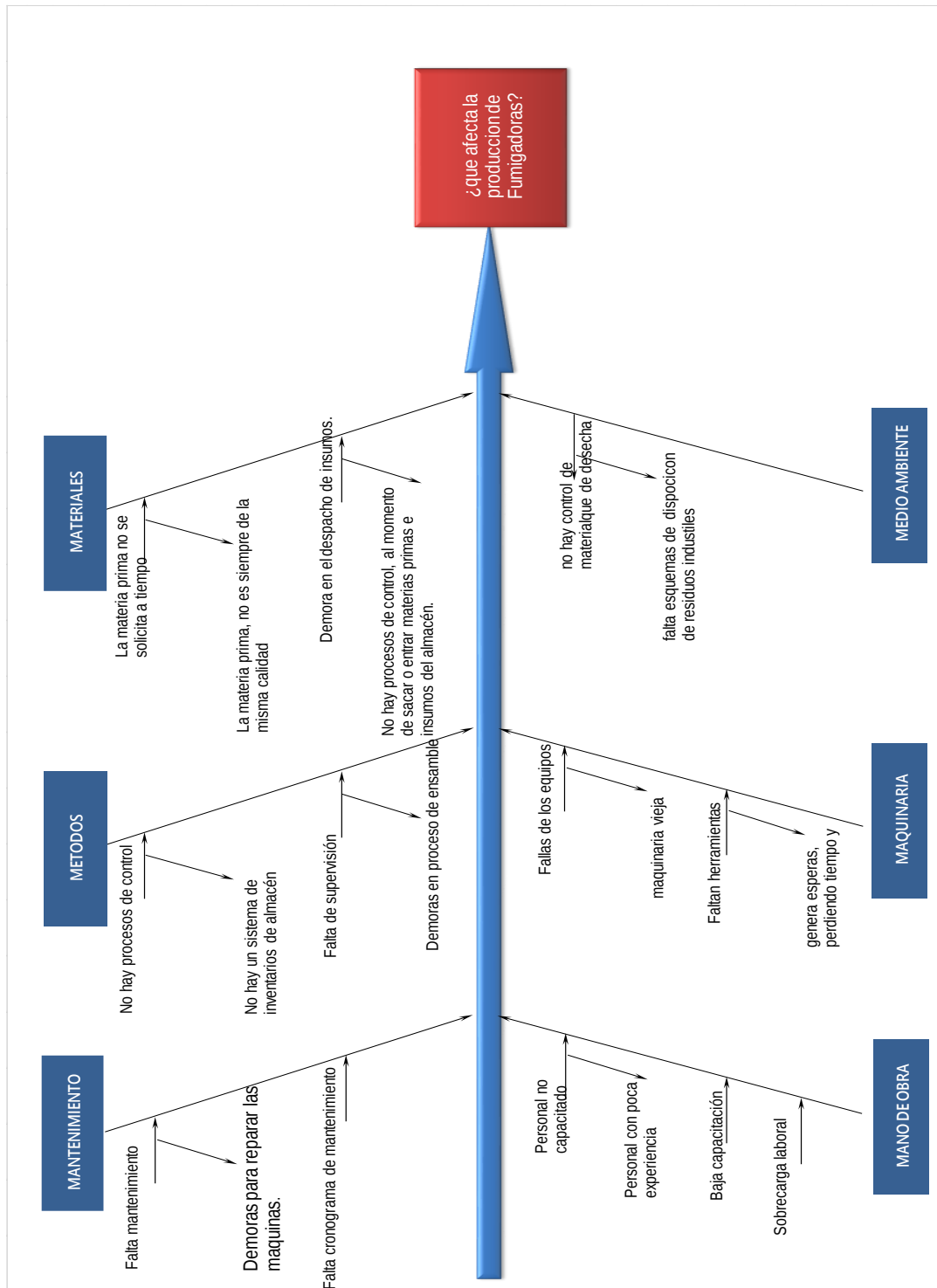
En este proceso se puede observar que en alistamiento de la máquina inyectora se gasta 45 minutos, tiempo que se puede reducir para lograr una mayor producción de piezas al tener un estándar de calibración de la máquina.

Observaciones del proceso.

Se hicieron entrevistas con los funcionarios encargados del proceso de la fumigadora de espalda para conocer aspectos del proceso como las fallas frecuentes, los costos del reproceso para plantear estrategias de mejora. De estas entrevistas surgieron las siguientes observaciones:

1. La materia prima no se solicita a tiempo y esto genera paros en producción.
2. La materia prima no es siempre de la misma calidad.
3. No hay un sistema de inventarios de almacén y por esta razón la información suministrada no es verídica, generando escasez de materia prima e insumos.
4. No hay procesos de control al momento de sacar o entrar materias primas e insumos del almacén.
5. Hay una constante falta de supervisión en los procesos. Por esta razón, se presentan inconvenientes en la producción.
6. El personal no se encuentra correctamente capacitado.
7. Faltan herramientas de trabajo, lo que genera retrasos innecesarios, pérdida tiempo y de producción.
8. Hace falta realizar mantenimiento a las máquinas.
9. Hay una mala distribución del espacio.
10. Hay demoras en proceso de ensamble.
11. Hay demoras en el despacho de insumos.
12. No se tiene conocimiento de la producción mensual.
13. Hay demoras para reparar las máquinas.

Figura 4. Diagrama de causa y efecto.



Fuente: Propia.

Causas de retrasos en los procesos.

En la empresa TALLER RENTERIA – FUMIGADORAS TAREA, la fumigadora de espalda es uno de los productos más importantes. Este proceso demanda varios métodos que retrasan el proceso. Para obtener estos datos se crearon tablas de datos con los problemas más repetitivos en los meses de enero, febrero y marzo.

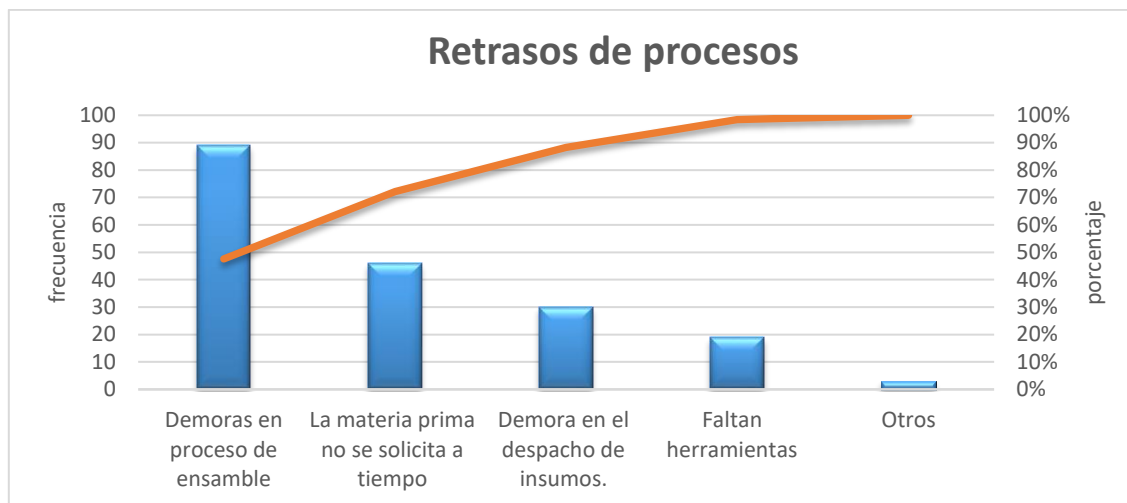
Tabla 7. Retrasos proceso.

CANTIDAD DE RETRASOS POR MES				
Mes	Demoras en proceso de ensamble	La materia prima no se solicita a tiempo	Demora en el despacho de insumos.	Faltan herramientas
Enero	31	12	5	6
Febrero	28	18	9	3
Marzo	30	16	16	10
Total	89	46	30	19

Fuente: Propia.

En el siguiente grafico 1, diagrama de Pareto se muestra gráficamente los principales métodos que retrasan el proceso.

Gráfico 1. Diagrama Pareto retrasos proceso.



Fuente: Propia.

En el diagrama de Pareto se logra observar que 80% de las causas de retrasos los genera el proceso de ensamble y materia prima. Se analizan estos factores para lograr optimizar el proceso de ensamble de fumigadoras de espalda y procedimientos del almacén.

1.1 Formulación del problema

¿Cómo mejorar el proceso productivo de la fabricación de fumigadoras en la empresa
TALLER RENTERIA – FUMIGADORAS TAREA?

1.2 Sistematización del problema

- ¿Cómo identificar los factores que intervienen en el proceso de fabricación de la fumigadora de espalda?
- ¿De qué manera se logra mejorar el proceso para la fabricación de fumigadoras de espalda?
- ¿Qué impacto tiene la mejora del proceso de fabricación de fumigadoras?
- ¿Qué costo vs. beneficio tiene el rediseño de los procesos?

2. Justificación

Este proyecto se efectúa teniendo en cuenta la antigüedad de la empresa y el hecho de que está consolidada de manera empírica por el conocimiento de los dueños, pues ésta inició y continúa siendo una empresa familiar.

Al utilizar y proponer nuevas metodologías y estándares de proceso se puede llegar a ser más eficientes en cuanto al manejo de recursos y maquinaria disponible. Con miras a realizar este objetivo se hicieron los estudios de métodos y tiempos de producción y diagramas de proceso para conocer el volumen de producción de la sección.

Al lograr identificar estos elementos se pueden rediseñar y optimizar recursos como materia prima, tiempo, recurso humano y maquinaria, logrando así implementar un modelo de producción óptimo para lograr el máximo beneficio logrando la optimización de recursos para los procesos.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General.

- Rediseñar los procesos de producción de fumigadora de espalda en la empresa TALLER RENTERIA – FUMIGADORAS TAREA.

3.2 Objetivos específicos.

- Identificar los problemas de producción de la fumigadora de espalda.
- Proponer procesos de rediseño para la fabricación de fumigadora de espalda.
- Cuantificar los impactos de la mejora.
- Justificar la relación costo - beneficio.

4. Marco teórico

Se tiene en cuenta que TALLER RENTERIA – FUMIGADORAS TAREA, es una empresa dedicada a la venta y comercialización de productos de fumigación que aspira al progreso y desea mejorar sus condiciones de trabajo y productividad. Se crea la necesidad de elaborar una propuesta de mejora en sus procesos de manufactura de fumigadoras de espalda, con el objetivo de lograr reducir los sobrecostos de producción y tiempos de entrega del producto mediante la implementación del nuevo diseño de los procesos de producción de fumigadora de espalda. Para lograr el diagnóstico del proceso se tiene en cuenta:

Herramientas de análisis de procesos

Se desarrolló una visita para conocer el proceso de fabricación de fumigadoras de espalda en la empresa TALLER RENTERIA – FUMIGADORAS TAREA.

Entrevista

Es un proceso de comunicación que se realiza normalmente entre dos personas, en donde el entrevistador obtiene información del entrevistado de forma directa. Existen dentro de las entrevistas, las denominadas entrevistas estructuradas o semiestructuradas. En la primera, los entrevistados están bajo un conjunto de preguntas elaboradas de acuerdo a una hoja de indicaciones, que ayudan al entrevistado a revisar la situación de una perspectiva diferente. La semiestructurada, es similar, pero permite más grados de libertad para la persona que entrevista. Esta técnica es muy útil cuando no es posible reunir a personas para realizar una tormenta de ideas o debatir sobre un tema. Esta herramienta es principalmente utilizada para:

- Identificar riesgos.
- Revisar la eficacia de controles existentes.

- Ordenar el proceso de entrevista durante la auditoría interna, y puede ser complementario con la lista de verificación [5].

Lluvia de Ideas

Es uno de los métodos más antiguos para la recolección de datos. Esta herramienta fue creada en el año 1938 por Alex Faickney Osborn, quien en su búsqueda de ideas nuevas y creativas descubrió que una interacción de un grupo no estructurado, generaba más y mejores ideas de las que una persona podía generar en forma independiente. Este método es sumamente efectivo en la generación de ideas. Requiere la participación de todos los participantes involucrados, creando nuevas ideas y soluciones que sean lo más creativas e innovadoras dejando fuera todos los paradigmas establecidos. Este método es útil y complementario al uso de otras herramientas, permitiendo la identificación de las causas de los problemas, con el fin que sean investigadas posteriormente, definir y adoptar planes de acción [5].

Diagrama de Ishikawa.

Se utiliza para determinar las causas del problema. Diagrama Causa - Efecto .El Diagrama de Espina de Pescado, Diagrama Causa-Efecto o Diagrama Ishikawa, fue ideado por Kaoru Ishikawa, un estudioso japonés de temas de calidad. Es un método gráfico; en el que se presenta un esquema que simula las espinas de un pescado, de ahí su nombre más común. A la derecha del esquema, en la "cabeza del pez", se ubica el "Efecto" y en las espinas se indican los llamados elementos de causas. Este método permite, a través de la realización de una

Tormenta de Ideas (en equipo) determinar las causas que dan lugar a los problemas o aspectos que estamos tratando de entender, identificados como “Efecto”. Las principales categorías de causas se ordenan a través de las denominadas “espinas”. Estas incluyen entre otras, categorías como por ejemplo: métodos de trabajo, equipos, mediciones, materiales, sistemas, personas, gestión, que ayudan a organizarlas ideas para identificar posibles factores causales, denominadas espinas que conducen al resultado “Efecto”. Las causas posibles del efecto son ramificadas dentro de los diagramas de tal forma que toda relación es claramente perceptible [5].

Diagramas de flujo

El diagrama de flujo es una representación gráfica del flujo o la secuencia real de tareas o sucesos que se producen dentro de un proceso. Los diagramas de flujo pueden ser de nivel superior, mostrando sólo los elementos principales de los procesos, para la prestación de un servicio, con el fin de identificar los puntos críticos. Puede ser aplicado para:

- Identificar las interacciones entre los procesos.
- Representar las diferentes etapas de los procesos.
- Identificar oportunidades de mejora a los procesos.
- Preparar planes para el seguimiento y medición de variables críticas en los procesos, que proporcionen información clave para el análisis de las causas de un problema [5].

Diagrama de Gantt

La carta o diagrama de Gantt es una herramienta básica en la gestión de proyectos, implementación de acciones y procesos de diversa índole, que tiene como objeto representar las diferentes fases, tareas, actividades e hitos programados como parte de un proyecto o procesos, acotando (en tiempo) las diferentes actividades, ayudando a mejorar la gestión. Fue desarrollada por Henry Gantt durante la primera guerra mundial. A través de la carta Gantt, se establece una idea clara de los recursos involucrados en un proyecto (tiempo, actividades, presupuestos) para su correcta gestión [5].

Relación Costo/Beneficio.

Esta herramienta tiene como objetivo proporcionar una medida de la rentabilidad que puede tener un proyecto, programa o Plan de la Calidad, mediante comparación de los costos previstos y los beneficios esperados de la realización de éste. Sirve además como una medida para comparar dos o más alternativas a implementar y tomar la decisión sobre la que proporcione un mayor retorno, lo cual es beneficioso al momento de implementar acciones de mejora. Esta herramienta permite:

- Valorar la necesidad y oportunidad de la realización de un programa de medio ambiente, calidad o proyecto.
- Seleccionar la alternativa que sea más beneficiosa para la organización.
- Estimar en forma adecuada, los recursos económicos necesarios, en el plazo de realización de un proyecto, programa medio ambiental o plan de la calidad. La característica que distingue al análisis de costo beneficio es el intento de llevar al

máximo posible la cuantificación de los beneficios y costos en términos monetarios. Busca responder si el costo de la solución sobrepasa el costo del problema [5].

Gráficos de Comportamiento.

Esta herramienta se utiliza para estudiar los datos de los procesos con el fin de determinar tendencias o patrones en el tiempo. Al registrar los datos en el orden en el que ocurren se ofrece información clara y sencilla de los cambios en el proceso. Estos puntos de datos pueden o no revelar una tendencia o patrón en el proceso. La Media del proceso es calculada y mostrada como una línea horizontal en la gráfica. En una Gráfica de Comportamiento, se espera que los datos varíaran aleatoriamente hacia abajo y arriba de la Línea Media [5].

Diagrama de Pareto

Es una gráfica para organizar datos de forma que estos queden en orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barra. Las barras representan los factores que provocan un efecto o un problema. Al asignar un orden de prioridad a los factores se puede identificar las causas principales que originan el problema. En otras palabras es una representación gráfica de los datos obtenidos sobre un problema, que ayuda a identificar cuáles son los aspectos prioritarios que hay que tratar [5].

4.1 Desarrollo del proyecto

Identificación de dificultades del proceso de producción de la fumigadora de espalda.

Como se mostró durante el planteamiento del problema la empresa TALLER RENTERIA – FUMIGADORAS TAREA, tiene distintas falencias en su proceso productivo, dentro de la cuales se encuentran las siguientes:

En la actualidad la empresa no cuenta con esquemas para la producción de su principal producto: la fumigadora de espalda. Lo que indica que no se sabe la cantidad de materia prima se requiere para la producción de fumigadoras de espalda, los productos a fabricar por mes, la efectividad global de producción.

La fabricación de fumigadoras de espalda y organización de los equipos de producción se realiza a diario, es decir, no se cuenta con un cronograma de producción que obedezca la demanda. Lo que genera como resultado pérdida de dinero, tiempo y recursos.

Los tiempos de ensamble para la fumigadora son irregulares, lo que genera un cuello de botella en el proceso. La maquinaria y mano de obra representan el 80% de las causas que producen inconvenientes en el proceso.

Es necesario implementar una medida por parte del departamento de compras para realizar las requisiciones de insumos y materia prima en un día determinado. De esta forma se generaría orden y un mejor control para el seguimiento de estas actividades.

Se cuentan con equipos que se encuentran por debajo del rendimiento promedio. Por lo tanto, se recomienda realizar mejoras de diseño o cambio.

Para lograr el rediseño de estos procesos se utilizaron herramientas de lean manufacturing, ya que esta filosofía de trabajo abarca todos los procesos: desde materia prima hasta el producto final. El propósito de esta serie de herramientas es identificar, reducir y eliminar las mudas; se entiende como muda todo lo que no genera valor al producto[1]. Como por ejemplo, en este caso lo sería la sobreproducción, tiempos de espera largos, inventario y movimientos innecesarios.

Estas actividades que no generan valor fueron identificadas mediante visitas a la empresa y entrevistas a operarios y directivos de la compañía, con el fin de lograr una más amplia selección de las dificultades que afectan al proceso. Como esta filosofía de trabajo es integral abarca desde la alta gerencia e incluye operarios [1]; en este proyecto decidimos enfocarnos en las áreas que más mudas presentan, las cuales relacionamos a continuación:

- Departamento de producción Fumigadora de espalda.
- Almacén.
- Área de ensamble.

Este proyecto se orienta a rediseñar los procesos de estas diferentes áreas para lograr efectividad en los procesos, reducción de tiempos y ahorro de dinero.

Rediseño proceso de Producción

La intención es lograr coordinar y controlar todas las fuentes de la demanda [2] —como lo son la cantidad de fumigadoras a despachar por semana o al mes—, realizando un cálculo

óptimo de la programación de la producción, para optimizar la cantidad de fumigadoras a producir. Por este motivo se implementa el proceso de órdenes de producción, el cual no se manejaba en la empresa anteriormente.

Formato orden de producción mensual.

Tabla 8. Orden de pedido.

 TALLER RENTERIA – FUMIGADORAS TAREA			
ORDEN DE PRODUCCION			
ENCARGADO			
FECHA			
CODIFICACIÓN	CANT.	UNID.	MATERIALES
FUMIGADORA DE ESPALDA	940	940	KIT FUMIGADORA
APROBO:			
RECIBÍ DE CONFORMIDAD			Vo. Bo. ALMACEN

Fuente: Propia.

Al utilizar una orden de producción, tanto el departamento de almacén como el de producción tienen las bases para realizar la programación de sus actividades y recursos logrando una planeación en el proceso, lo que se verá reflejado en la mejora de los procesos al contar con un orden ya establecido. Como beneficios tenemos que se puede realizar un inventario de los suministros que se tienen para la producción de la cantidad solicitada de fumigadoras de espalda y así, evitar retrasos por falta de suministros.

Implementación de un plan de producción mensual

Se utiliza el programa de winqsb con la opción planing para el planteamiento de la programación de la meta de producción para la empresa TALLER RENTERÍA Y FUMIGADORAS TAREA, en el cual no se necesiten más empleados o aumentar las horas extra del personal.

Figura 5. Interfaz programa winqsb.

Aggregate Planning Option

Solution Method

- ☒ Constant Average Production (Level Strategy)
- ☐ Periodic Average Production (Level Strategy)
- ☐ Constant Regular Time Empleados (Level Strategy)
- ☐ Constant with Initial Empleados (Level Strategy)
- ☐ Constant with Minimum Empleados (Level Strategy)
- ☐ Up-to-demand with Regular Time Empleados
- ☐ Up-to-demand with Regular and Overtime Empleados
- ☐ Up-to-demand with No Hiring/Dismissal
- ☐ User Assigns/Adjusts Production
- ☐ Linear Programming Optimal Solution

Production Priority If Needed

☒ Overtime Enter Priority [1 to 5] 1

☐ Hiring/dismissal 2

☐ Subcontracting 3

☐ Backorder 4

☐ Lost sales 5

Proposed Average Production:

940

Production Quantity

- ☒ Fraction allowed
- ☐ Whole number
- ☐ in 10s
- ☐ in 100s
- ☐ in 1000s
- ☐ in lot-size: 1

OK

Cancel

Help

Fuente: winqsb.

Se elige para este problema de producción la opción de la producción constante que nos arrojará la cantidad de fumigadoras a producir en cada trimestre, que será la misma cantidad para cumplir con la demanda en este mismo período, la cual es de 2.870 unidades. También se tienen en cuenta las horas extras como prioridades.

Figura 6. Interfaz programa winqsb datos para la simulación.

DATA ITEM	Period 1	Period 2	Period 3
Forecast Demand	780	890	1200
Initial Number of Empleados	21		
Regular Time Capacity in Horas per Empleados	200	184	208
Regular Time Cost per Horas	3450	3450	3450
Undertime Cost per Horas	1725	1725	1725
Overtime Capacity in Horas per Empleados	25	25	25
Overtime Cost per Horas	4313	4313	4313
Initial Inventory (+) or Backorder (-)	50		
Maximum Inventory Allowed	M	M	M
Minimum Ending Inventory (Safety Stock)	0	0	0
Unit Inventory Holding Cost	3500	3500	3500
Other Unit Production Cost	0	0	0
Capacity Requirement in Horas per Unit	3		

Fuente: winqsb.

La figura No.5 presenta los datos los datos a ingresar para solucionar los problemas actuales: la demanda de cada mes, la cantidad de empleados que tiene la empresa, las horas a trabajar por mes, los costos de las horas trabajadas, los costos de las horas extras, las horas extra máximas a realizar por mes, los costos de almacenamiento por unidad producidas y el tiempo de fabricación de la fumigadora de espalda. Estos datos se obtuvieron al realizar las entrevistas al personal de operarios y personal de finanzas.

Figura 7. Resultados simulación interfaz programa winqsb.

05-19-2019 21:16:24	Demand	Regular Production	Overtime Production	Total Production	Ending Inventory	Number of Empleadoss
Initial					0,00	21,00
Period 1	780,00	940,00	0,00	940,00	160,00	21,00
Period 2	890,00	940,00	0,00	940,00	210,00	21,00
Period 3	1.200,00	940,00	0,00	940,00	0,00	21,00
Total	2.870,00	2.820,00	0,00	2.820,00	370,00	

Fuente: winqsb..

La figura No.7 presenta la solución del problema de manera general, en la que se plantea producir la cantidad de 940 unidades de fumigadoras para cumplir la demanda del trimestre que equivale a 2.870 unidades. También nos muestra el inventario sobrante al final del mes, el cual es de 160 fumigadoras para el primer mes, 210 para el segundo mes y 0 para el mes final.

Figura 8. Costos simulación programa winqsb.

05-19-2019 21:17:24	Regular Time	Undertime	Overtime	Inventory Holding Cost	TOTAL COST
Period 1	\$9.729.000	\$2.380.500	0	\$560.000	\$12.669.500
Period 2	\$9.729.000	\$1.800.900	0	\$735.000	\$12.264.900
Period 3	\$9.729.000	\$2.670.300	0	0	\$12.399.300
Total	\$29.187.000	\$6.851.700	0	\$1.295.000	\$37.333.700

Fuente: winqsb..

La figura No.8 , presenta los costos de inventario, horas, y horas extras para la fabricación el plan trimestral de producción. Gracias a esto Se observa que el costo de almacenamiento del trimestre sería de \$1'295.000 m/cte., la nómina de los empleados sería de \$36'038.700 m/cte., que daría como resultado un costo total de \$37'333.700 m/cte. para este problema.

Mediante la simulacion de este proyecto se logra, entonces, obtener la meta de producción para la empresa TALLER RENTERÍA Y FUMIGADORA TAREA la cual es de 940 unidades de fumigadoras por mes.

Se estima también que la producción de 940 unidades de fumigadoras de espalda se puede realizar con la misma cantidad de operarios con los que cuenta la empresa y sin necesidad de aumentar las horas extra de los trabajadores, evitando que se generen sobrecostos para la empresa. Finalmente, se plantea la utilización de este programa para realizar los planes de producción mensual.

Área de almacén

Tabla 9. Diagrama de proceso materia prima.

diagrama de proceso materia prima						Operario	Material	Equipo
Diagrama Num.	Hoja Num.	Resumen						
Objeto: identificar los tareas realizadas en el proceso		Actividad				Actual	Propuesta	Economía
		Operación	○			1		
		Transporte	⇒			0		
Actividad: solicitud y almacenamiento de materia prima		Inspeccion	□			1		
		Almacenamiento	▽			1		
		Demora	D			0		
Metodo : Actual / Propuesto		Tiempo (hora-hombre)				150		
Lugar: empresas		Costos:						
Operario (s) :		Ficha Num.	Mano de obra			32,775		
			Materiales					
Compuesto por:		Fecha:	Totales					
Aprobado por:		Fecha:	Simbolo					
Descripcion	Tiempo (min)	○	⇒	D	▽	□	Observaciones	
solicitud de compra materia prima	50	*						
despacho de materia prima	2880			*				
revisión de materia prima	30					*		
almacenamiento materia prima	60				*			
Total	3020	1	0	0	1	1		

Fuente: Propia.

En este proceso Se encuentra como falencia el hecho que supone el retraso en la llegada de la materia prima, el cual produce para la empresa una espera de 48 horas hasta que se despache el pedido. Este hecho da como resultado el retraso de la producción. Se recomienda

entonces, ejercer control sobre las materias primas en este proceso productivo para así, evitar el desabastecimiento de estos insumos y retrasos innecesarios.

Rediseño proceso de almacén

El área de almacén es de vital importancia para cualquier proceso productivo, ya que permite sincronizar los procesos entre la fabricación y la demanda. Además permite tener un suministro permanente para los clientes.

Al implementar estándares hacia una buena gestión del almacén Se obtiene la optimización en los procesos, eliminando los tiempos muertos existentes en el proceso y reduciendo los costos por inventario.

Como se mostró anteriormente la empresa TALLER RENTERIA – FUMIGADORAS TAREA, tiene como falencias en su proceso productivo el área de almacén, pues no cuenta con sistema de gestión de inventarios para lograr identificar el stock de productos que se tienen en almacén. Por esta razón, se implementará un aplicativo en Excel mediante el cual se facilitará este proceso.

Tabla 10. Aplicativo almacén.

SUMINISTRO	STOCK	ALARMA
palanca con mango plastico	50	REALIZAR PEDIO
varilla de ascenso	80	REALIZAR PEDIO
varilla embolo completa	55	REALIZAR PEDIO
abrazadera embolo	600	BIEN
cabezote tarea	89	REALIZAR PEDIO
balin de 3/8 bronce	1000	BIEN
tubo salida recipiente solo	300	BIEN
recipiente tarea	800	BIEN
chasis plastico tarea	200	BIEN
filtro recipiente	220	BIEN
tapa recipiente tarea	100	BIEN
manguera de coneccion	300	BIEN
tee de conexión tarea	1000	BIEN
camara de precion plastica	100	BIEN
abrazadera camara plastica	600	BIEN
manguera tramo de 1.20m	100	BIEN
abrazadera de 1/2	1500	BIEN
anillo de camara	800	BIEN
boquilla tarea	100	BIEN
boquilla tk3-punta de bronce	100	BIEN
caquete boquilla	200	BIEN
cilindro embolo	50	REALIZAR PEDIO
correa con espuma negra	60	REALIZAR PEDIO
empaque recipiente	1500	BIEN
empaque tapa	200	BIEN
filtro llave plastico	600	BIEN
kit embolo	100	BIEN

Fuente: Propia.

Tabla 11. Formato en Excel gestión de inventario.

ENTRADA DE ALMACEN - FECHA: OCTUBRE DEL 01 AL 31 DE 2019																																			
SUMINISTRO	INV INICIAL	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	Total Entrada	Valor Final de INVENTARI	STOCK
palanca con mango plastico	50																																50	100	80
varilla de ascenso	80																																80	160	40
varilla embolo completa	55																																55	110	0
abrazadera embolo	600																																600	1200	120
cabezote tarea	89																																89	178	2000
balin de 3/8 bronce	1000																																1000	2000	0
tubo salida recipiente solo	300																																300	600	1
recipiente tarea	800																																800	1600	2
chasis plastico tarea	200																																200	400	3
filtro recipiente	220																																220	440	4
tapa recipiente tarea	100																																100	200	5
manguera de coneccion	300																																300	600	6
tee de conexi3n tarea	1000																																1000	2000	7
camara de precion plastica	100																																100	200	8
abrazadera camara plastica	600																																600	1200	9
manguera tramo de 1.20m	100																																100	200	10
abrazadera de 1/2	1500																																1500	3000	11
anillo de camara	800																																800	1600	12
boquilla tarea	100																																100	200	13
boquilla tk3-punta de bronce	100																																100	200	14
caquete boquilla	200																																200	400	15
cilindro embolo	50																																50	100	16
correa con espuma negra	60																																60	120	17
empaque recipiente	1500																																1500	3000	18
empaque tapa	200																																200	400	19
filtro llave plastico	600																																600	1200	20
kit embolo	100																																100	200	21
SALIDAS DE ALMACEN - FECHA: OCTUBRE DEL 01 AL 31 DE 2019																																			
SUMINISTRO	INV INICIAL	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	Total Salida	Valor Final de INVENTARI	STOCK
palanca con mango plastico																																	0	50	80
varilla de ascenso																																	0	80	40
varilla embolo completa																																	0	55	0
abrazadera embolo																																	0	600	120
cabezote tarea																																	0	89	2000
balin de 3/8 bronce																																	0	1000	0
tubo salida recipiente solo																																	0	300	1
recipiente tarea																																	0	800	2
chasis plastico tarea																																	0	200	3
filtro recipiente																																	0	220	4
tapa recipiente tarea																																	0	100	5
manguera de coneccion																																	0	300	6
tee de conexi3n tarea																																	0	1000	7
camara de precion plastica																																	0	100	8
abrazadera camara plastica																																	0	600	9
manguera tramo de 1.20m																																	0	100	10
abrazadera de 1/2																																	0	1500	11
anillo de camara																																	0	800	12
boquilla tarea																																	0	100	13
boquilla tk3-punta de bronce																																	0	100	14
caquete boquilla																																	0	200	15
cilindro embolo																																	0	50	16
correa con espuma negra																																	0	60	17
empaque recipiente																																	0	1500	18
empaque tapa																																	0	200	19
filtro llave plastico																																	0	600	20
kit embolo																																	0	100	21

Fuente: Propia.

Con el uso de este aplicativo se reducirán los tiempos de espera por falta de suministros, ya que se envía la notificación cuando el insumo está próximo a agotarse.

Funciones del almacenista

Establecer los pasos a seguir por el encargado de almacén para lograr un óptimo desarrollo de sus funciones.

DESARROLLO

El encargado del área de almacén deberá solicitar al departamento de ventas la cantidad de fumigadoras proyectadas a venderse en el mes, y con base en esto, realizar el pedido de insumos para cubrir la demanda.

Solicitar los insumos necesarios al departamento de compras según el tiempo establecido (2 semanas).

Organizar las materias primas según la orden de producción y entregar los insumos necesarios para la producción con un día de antelación.

Registrar diariamente en el aplicativo la entrada y salida de elementos de almacén, para su control y seguimiento.

Mantener el almacén ordenado y limpio.

Área de Ensamble

Ahora se procesa a indagar los procesos del área de ensamble para así lograr un rediseño óptimo de los procesos y funciones del personal.

Tabla 12. Diagrama de proceso ensamble fumigadora de espalda.

diagrama de proceso ensamble						Operario	Material	Equipo
Diagrama Num.	Hoja Num.	Resumen						
Objeto: identificar los tareas realizadas en el proceso	Actividad				Actual	Propuesta	Economía	
	Operación				5			
	Transporte				2			
	Inspeccion				1			
	Almacenamiento				1			
Actividad:almacen y produccion de piezas en polimero	Demora				0			
	Metodo : Actual / Propuesto				Tiempo (hora-hombre)			
	Lugar: empresas Axial				Costos:			
	Operario (s) : Brian Silva				Mano de obra			
Fecha Num. 1				Materiales				
Compuesto por:				Totales				
Aprobado por:				Fecha:				
				Símbolo				
Descripcion	Tiempo (min)	○	→	◐	▽	◻	Observaciones	
solicitud de piezas para emsamble	5	*						
transporte al area de emsamble	3		*					
alistamiento de herramienta para emsamble	4	*						
ensamble fumigadora	30	*						
prueba de fumigadora	4					*		
limpieza fumigadora	5	*						
empaque de fumigadora	2	*						
transporte al almacen	3		*					
almacenamiento de fumigadora	4				*			
Total	60	5	2	0	1	1		

Fuente: Propia.

En la tabla No 12, se observa que se pierden 14 minutos de ensamble entre la solicitud de piezas, el alistamiento de herramienta y la limpieza de la fumigadora. Estos tiempos se pueden reducir teniendo organizadas las herramientas necesarias, conociendo la cantidad de fumigadoras a producir por día y evitando ensuciar la fumigadora con residuos del taller. Además, en este proceso se presenta un cuello de botella, ya que con los tiempos de ensamble solo se alcanzarían a producir 8 fumigadoras por turno de operario, lo cual no da abasto y se deben de colocar de 2 a 4 ensambladores más dependiendo de la producción.

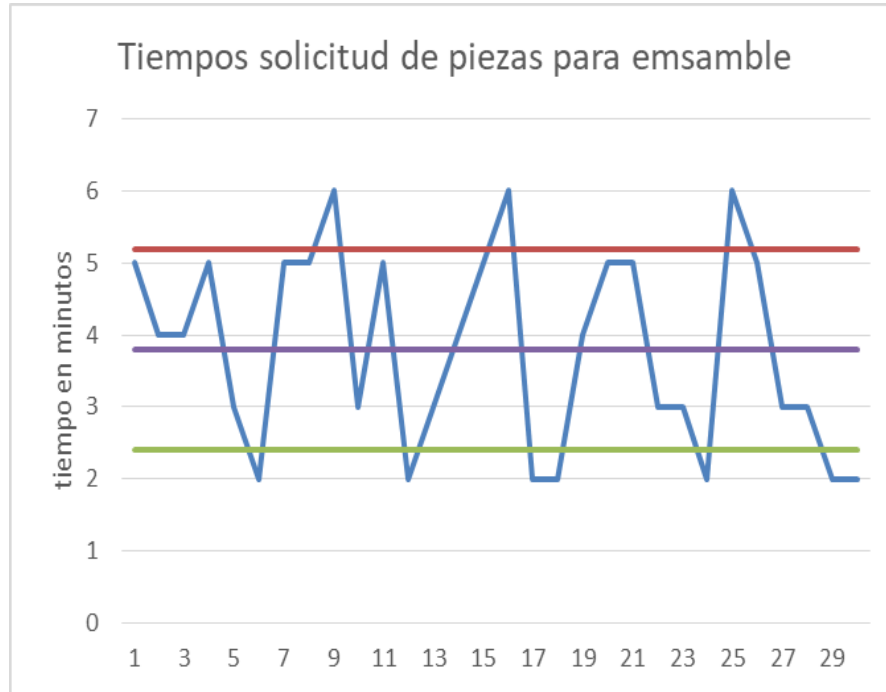
Tabla 13. Tiempos en minutos proceso de ensamble.

solicitu de piezas para emsamble		transporte al area de emsamble	alistamiento de herramienta para ensamble	ensamble fumigadora	prueba de fumigadora	limpieza fumigadora	empaque de fumigadora
No	Tiempo M	Tiempo M	Tiempo M	Tiempo M	Tiempo M	Tiempo M	Tiempo M
1	5	2	4	30	5	5	3
2	4	1	3	30	3	4	2
3	4	3	3	28	3	5	2
4	5	3	4	20	2	4	2
5	3	3	3	17	3	4	1
6	2	2	2	20	5	5	3
7	5	1	3	30	5	5	2
8	5	1	3	30	5	2	1
9	6	3	4	30	3	2	1
10	3	4	3	20	5	5	2
11	5	4	4	30	3	3	3
12	2	4	4	20	5	5	2
13	3	3	3	30	5	3	2
14	4	3	2	30	4	2	1
15	5	2	2	26	2	2	1
16	6	2	2	18	3	6	1
17	2	1	1	23	5	5	3
18	2	1	1	33	6	6	3
19	4	1	2	35	3	2	3
20	5	3	3	20	4	3	2
21	5	3	4	30	5	6	2
22	3	2	4	22	3	2	3
23	3	2	4	34	2	2	3
24	2	1	4	21	3	2	1
25	6	1	3	30	5	6	1
26	5	1	5	30	4	3	2
27	3	3	5	30	4	2	3
28	3	2	2	20	3	3	4
29	2	2	3	20	2	2	2
30	2	4	2	35	5	2	1

Fuente: Propia.

Gráficos tiempos de ensamble

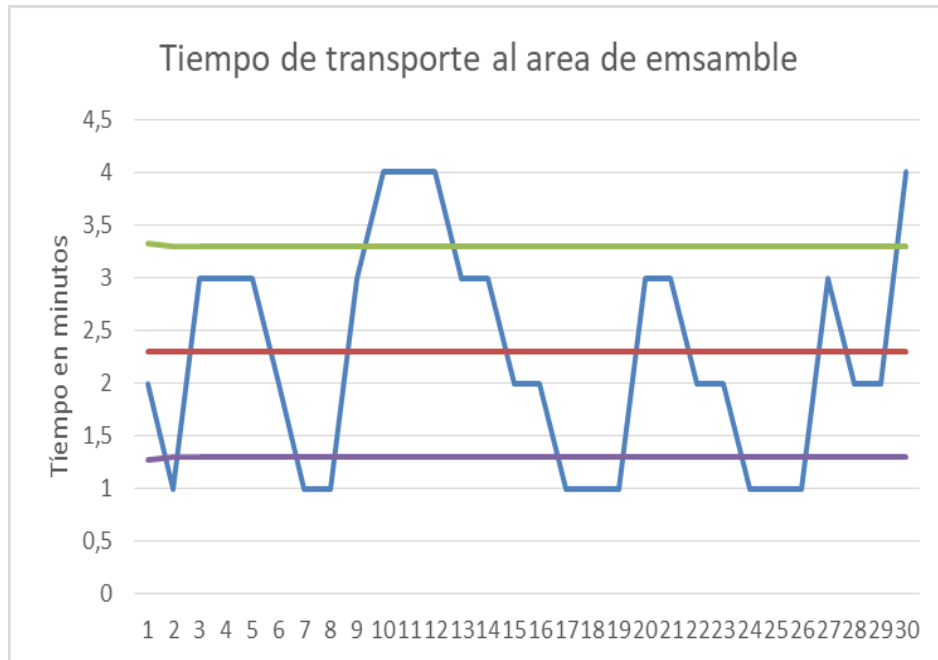
Gráfico 2. Tiempos de solicitud de piezas.



Fuente: Propia.

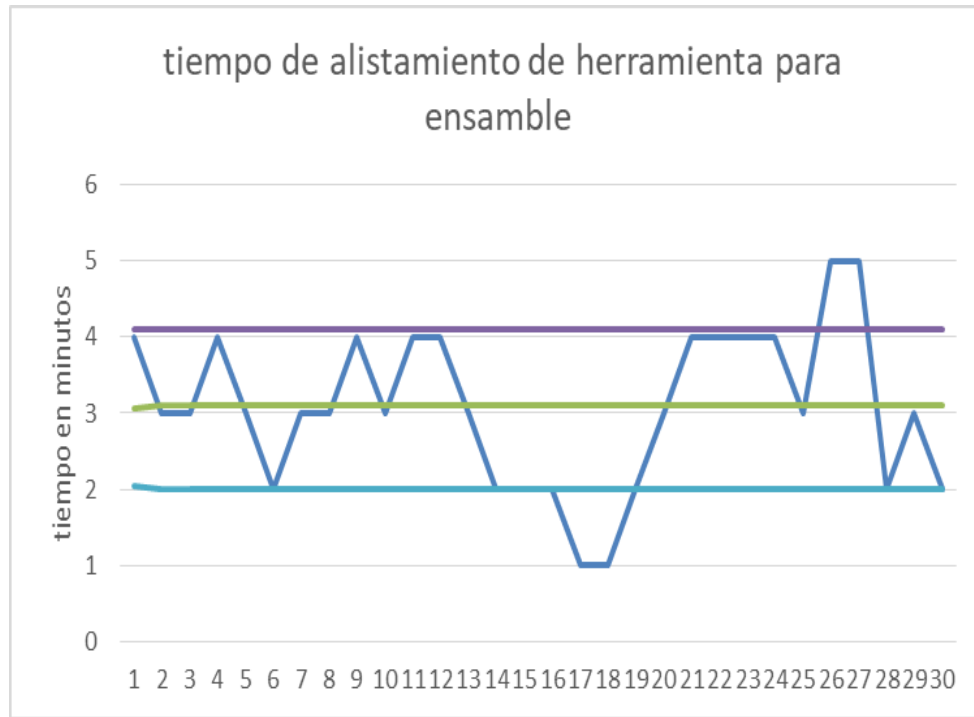
En la gráfica No 2, se observa un patrón irregular en los tiempos de solicitud de piezas para ensamble, teniendo tiempos que superan el límite superior —el cual es de 5 minutos—. A su vez hay tiempos por debajo del límite inferior —el cual es de 2 minutos—. El límite promedio es de 4 minutos.

Gráfico 3. Tiempos de transporte al área de ensamble.



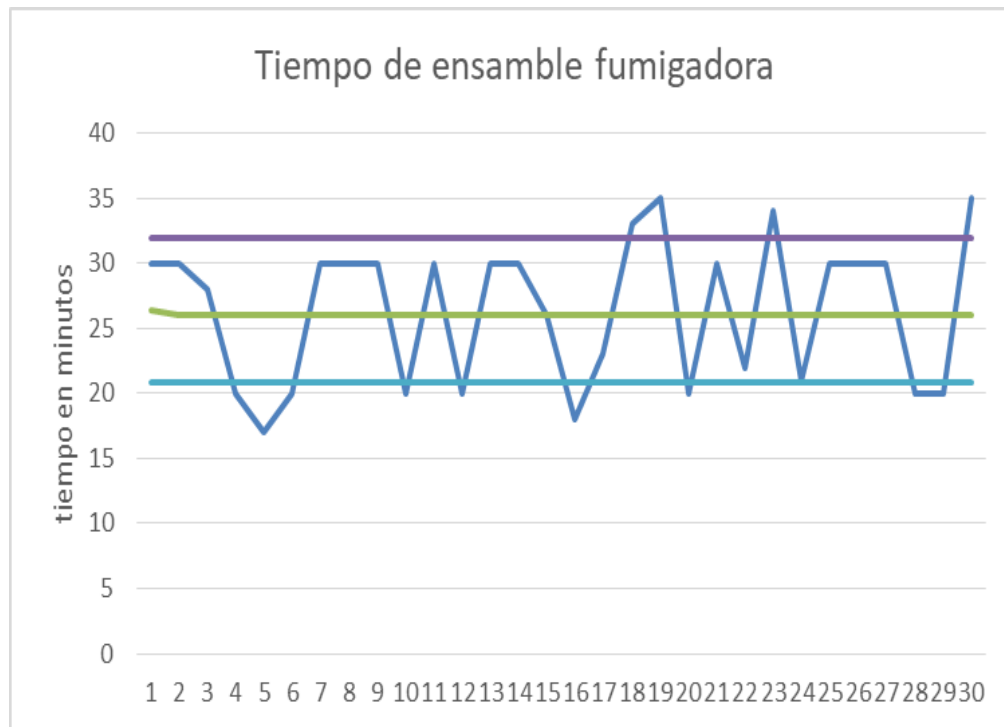
Fuente: Propia.

En la gráfica No 3 se observa un patrón irregular en los tiempos de transporte de suministros al área de ensamble, teniendo tiempos que superan el límite superior, el cual es de 3,3 minutos. También tiempos por debajo del límite inferior, el cual es de 1,5 minutos. El límite promedio es de 2,5 minutos.

Gráfico 4. Tiempos de alistamiento.

Fuente: Propia.

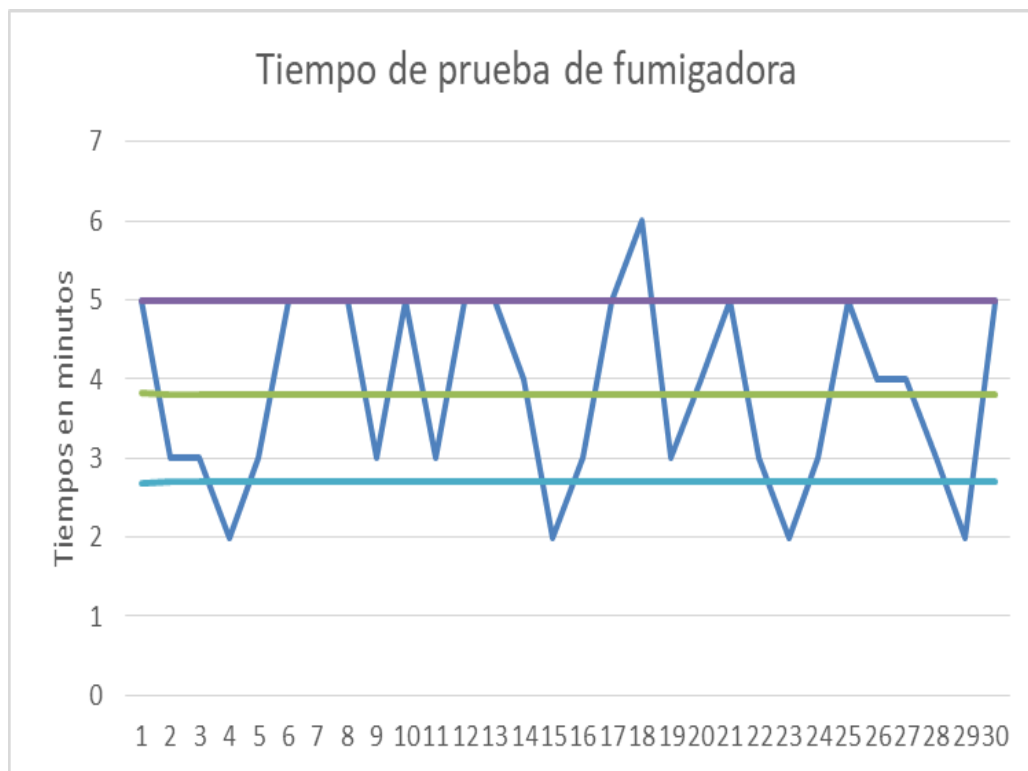
En la gráfica No 4 se observa un patrón usual ya que la mayoría de datos están en el área factible de los tiempos de alistamiento de herramienta, contando pocos datos que superan el límite superior el cual es de 4 minutos. A su vez tenemos tiempos por debajo del límite inferior, el cual es de 2 minutos. El límite promedio es de 3 minutos.

Gráfico 5. Tiempos de ensamble.

Fuente: Propia.

En la gráfica No 5 se observa un patrón frecuente ya que la colectividad de datos está en el espacio factible de los tiempos de ensamble, percibiendo pocos datos que superan el límite superior el cual es de 33 minutos. A su vez tenemos tiempos por debajo del límite inferior el cual es de 20 minutos; el límite central es de 26 minutos.

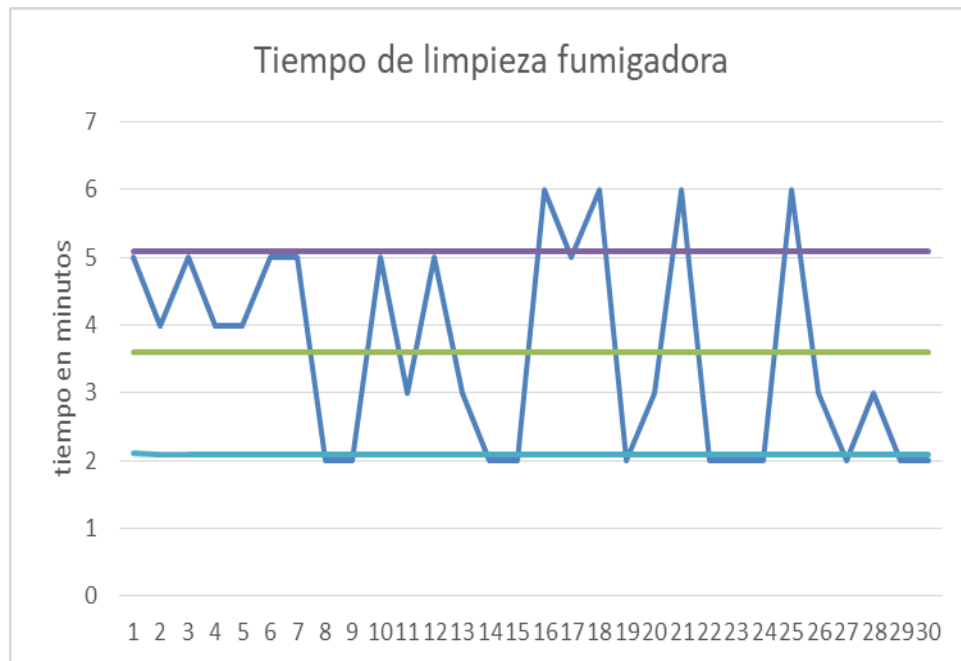
Gráfico 6. Tiempos de prueba.



Fuente: Propia.

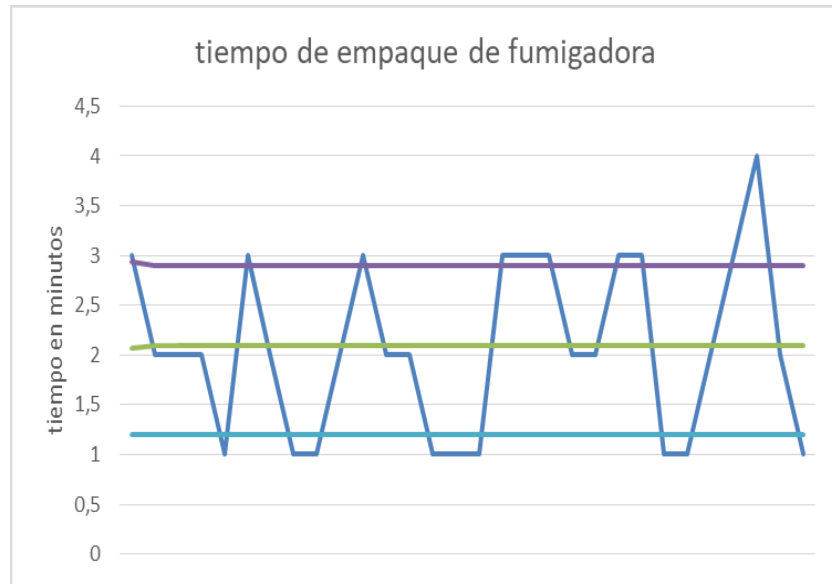
En la gráfica No 6 se observa un patrón irregular ya que la población de datos está dentro de los límites en los tiempos de prueba de la fumigadora, teniendo pocos datos que superan el límite superior el cual es de 5 minutos. A su vez tenemos tiempos por debajo del límite inferior, el cual es de 2.7 minutos; el límite central es de 3.9 minutos.

Gráfico 7. Tiempos de limpieza.



Fuente: Propia.

En la gráfica No 7 se observa un patrón irregular en los tiempos de limpieza de fumigadora, existiendo tiempos que superan el límite superior el cual es de 5 minutos. A su vez tenemos tiempos por debajo del límite inferior, el cual es de 2 minutos; el límite promedio es de 3.7 minutos.

Gráfico 8. Tiempos de empaque.

Fuente: Propia.

En la gráfica No 8 se observa un patrón irregular en los tiempos de solicitud de piezas para ensamble, teniendo tiempos que superan el límite superior el cual es de 3 minutos. A su vez tenemos tiempos por debajo del límite inferior, el cual es de 1.5 minutos; el límite medio es de 2 minutos.

Rediseño proceso de ensamble.

De acuerdo a los resultados anteriores, los tiempos de ensamble son muy variables debido a que cada operario realiza su función según su parecer y criterio, como resultado se tienen tiempos muy largos en este proceso. Por tal motivo se establece un nuevo procedimiento que incluye la reorganización de los procesos de la siguiente manera:

Tabla 14. Actividades proceso de ensamble

ACTIVIDAD	
A	solicitud de piezas para ensamble
B	transporte al área de ensamble
C	alistamiento de herramienta para ensamble
D	ensamble
E	prueba de fumigadora
F	limpieza fumigadora
G	empaque de fumigadora

Fuente: Propia.

Estas actividades para el proceso de ensamble deben completarse en un tiempo estándar, Liberman plantea la siguiente ecuación

$$[1] \quad \text{Tiempo Esperado} = \frac{a + 4*m + b}{6}$$

Tabla 15. Tiempo esperado.

ACTIVIDAD		PRECEDENCIA	TIEMPO EN MINUTOS			
			optimista (a)	probable (m)	pesimista (b)	tiempo Esperado
A	solicitud de piezas para ensamble	-	2	4	5	4
B	transporte al area de ensamble	A	1,5	2,5	3,3	2,5
C	alistamiento de herramienta para ensamble	-	2	3	4	3
D	ensamble	A-B-C	20	26	33	26
E	prueba de fumigadora	D	2,7	3,9	5	4
F	limpieza fumigadora	E	2	3,7	5	4
G	empaque de fumigadora	E-F	1,5	2	3	2
						45

Fuente: Propia.

Al realizar estos cálculos obtenemos que los tiempos esperados para el ensamble de la fumigadora serán de 45 minutos. Lo que representa una reducción de 15 minutos respecto al proceso anterior. Con este tiempo también se obtiene la cantidad óptima a producir por día: ya que se cuenta con 5 ensambladores que trabajan 7 horas diarias, descontando los tiempos

de descanso, dando como resultado 2.100 minutos disponibles para el proceso de ensamble, dividido sobre el tiempo de ensamble de una fumigadora y nos arroja como resultado 46 fumigadoras por día. Esto es lo que se conoce como tiempo de ciclo, que es el tiempo que se demora la producción desde su inicio hasta el final[3].

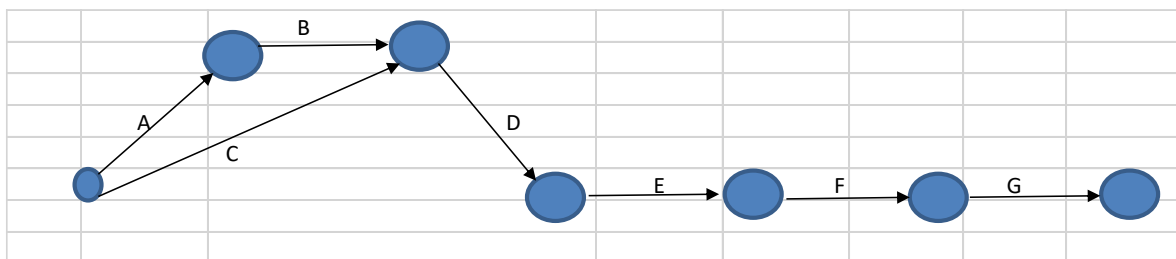
Con los datos obtenidos anteriormente se procede a realizar el diagrama de red de este proceso, el cual permite visualizar la relación entre actividades.

Tabla 16. Cuadro de presidencia actividades

ACTIVIDAD		PRECEDENCIA	TIEMPO
A	solicitud de piezas para ensamble	-	4
B	transporte al area de ensamble	A	2,5
C	alistamiento de herramienta para ensamble	-	3
D	ensamble	A-B-C	26,2
E	prueba de fumigadora	D	4
F	limpieza fumigadora	E	4
G	empaques de fumigadora	E-F	2
TOTAL			45

Fuente: Propia.

Figura 9. Diagrama de red proceso de ensamble



Fuente: Propia.

Al realizar el diagrama de red, se observa que este proceso de ensamble es un proceso semilineal ya que las dos primeras actividades son:

Solicitud de piezas para ensamble y alistamiento de herramienta para ensamble

Ahora se procede a determinar la ruta crítica para este proceso.

Figura 10. Ruta crítica

A			B			D			E			F			G			TIEMPO	
0	3.8		3.8	6.3		6.3	32.5		32.5	36.4		36.4	40		40	42.1		42.1	
0	3.8		3.8	6.3		6.3	32.5		32.5	36.4		36.4	40		40	42.1			
C			D			E			F			G			TIEMPO				
0	3		3	29.2		29.2	31.7		31.7	35.3		35.3	37.4		37.4				
0	3		3	29.2		29.2	31.7		31.7	35.3		35.3	37.4						

Fuente: Propia.

Al realizar el análisis de la ruta crítica del proceso podemos determinar que dicha ruta crítica es A, B, D, E, F, G, con una duración de 42.1 minutos, al realizar el cálculo de holguras se observa que no se tienen holguras en el proceso.

Opciones de mejora proceso de ensamble

El proceso de ensamble de la fumigadora de espalda es manual, lo cual genera tiempos de ensamble largos, así mismo genera un cuello de botella en el proceso, retrasando los tiempos de entrega a los clientes generando inconformidades con los mismos. También tenemos que éste es el producto con más demanda de la empresa, por eso se necesita mejorar el proceso de ensamble para aumentar la producción de fumigadoras. Al realizar el trabajo se diseña un nuevo modelo de trabajo el cual pretende aumentar la producción en un 20%, este proceso sería el siguiente:

Diseñar un proceso de pre ensamble de piezas para reducción de tiempos.

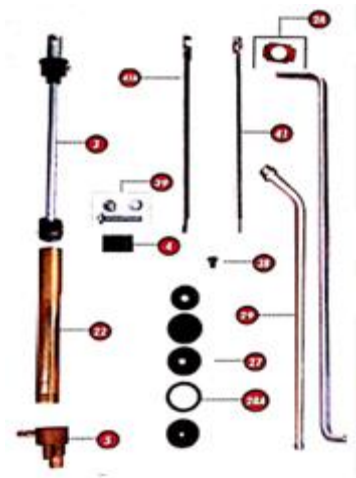
Diseño proceso de pre ensamble.

Se pretende implementar un nuevo modelo de ensamble en el cual se pre ensamblen por kits las piezas de la fumigadora para así lograr disminuir los tiempos finales de ensamble, ya que la cantidad de piezas que tiene la fumigadora de espalda hace el proceso de ensamble más demorado, en el cual contamos con un tiempo de ensamble de 45 minutos.

Por tal motivo se decide dividir el proceso de ensamble en 5 partes las cuales son:

- Sistema de dispersión sistema 1.
- Tanque y espaldar sistema 2.
- Sistema químico sistema 3.
- Pistola de dispersión. sistema 4.
- Ensamble total.

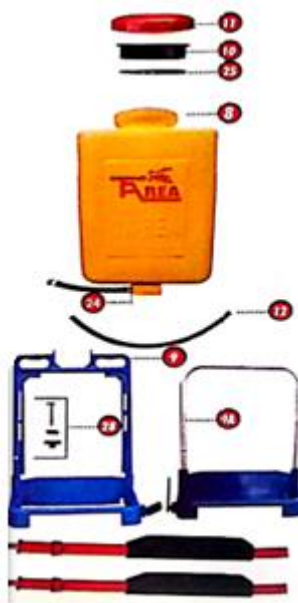
Figura 11. Sistema de dispersión sistema 1.



Fuente: Taller Rentería – fumigadoras tarea

Este sistema es el encargado de hacer que el producto químico viaje hasta la salida de la boquilla, tiene un tiempo promedio de ensamble de 3 minutos.

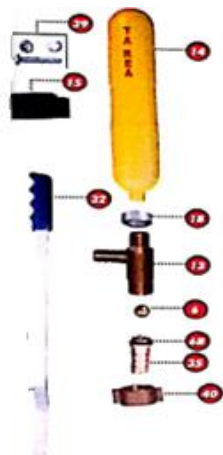
Figura 12. Tanque y espaldar sistema 2.



Fuente: Taller Rentería – fumigadoras tarea

Este sistema está conformado por el tanque que almacena el agua y el espaldar para cargar la fumigadora de espalda con su sujetador al cuerpo. Su tiempo promedio de ensamble es de 5 minutos.

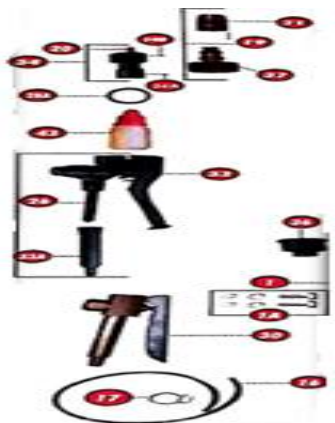
Figura 13. Sistema químico sistema 3.



Fuente: Taller Rentería – fumigadoras tarea

Este sistema es el encargado del bombeo de la fumigadora de espalda, además de la palanca de bombeo, para hacer la mezcla con el agua del tanque. El tiempo promedio de ensamble es de 4 minutos.

Figura 14. Pistola de dispersión. Sistema 4.



Fuente: Taller Rentería – fumigadoras tarea

Esta pistola es la encargada de hacer la acción para activar el sistema de disección; su tiempo de ensamble es de 5 minutos.

Figura 15. Ensamble total



Fuente: Taller Rentería – fumigadoras tarea

El ensamble total se realiza al acoplar cada uno de los sistemas en uno solo para terminar el proceso de ensamble de la fumigadora de espalda. El tiempo promedio es de 8 minutos.

Tabla 17. Tiempos en minutos de ensamble por sistemas.

No	sistema 1	sistema 2	sistema 3	sistema 4	ensamble total
	Tiempo M	Tiempo M	Tiempo M	Tiempo M	Tiempo M
1	3	4,59	4,59	5	7,45
2	2	5	5	5	6,59
3	3	5	4,1	4	7,58
4	3	5	4,12	5	7,4
5	4	4,5	4,15	3	7,59
6	3	7,59	4,18	5	7,35
7	3	6,5	4	3,45	8
8	3	4,5	3,59	5	7,46
9	4	5,4	4	4,45	7,5
10	3	5,1	4,59	4	7,59
11	3	4,5	4,58	4,35	7,58
12	2	6	4	4,05	8
13	3	6	5,1	4,59	7,3
14	4	5,1	4	3,58	7,55
15	3	5,12	3,5	4	8
16	3	4,59	3,48	4,3	7,49
17	2	4,58	3,45	4,45	8,3
18	3	5	4,1	4	7,54
19	4	5	4,2	5	6,59
20	3	5	4	3,59	8,4
21	3	4,59	4,58	3,59	7,45
22	4	5,59	4,55	3,45	7,5
23	2	4	4	4	7,59
24	4	5,1	4	4	7,58
25	3	5,59	4,03	4,5	7,02
26	3	5	4,15	5	7,59
27	2	5	4,11	4,59	8
28	3	5	4	5	7,1
29	4	6	4,59	4,15	7,55
30	3	4,58	4	4,45	8

Fuente: Propia.

Con base en los tiempos obtenidos según la muestra realizada y tabulada en la tabla No 17, se calcula el tiempo óptimo para este proceso.

Tabla 18. Tiempo optimo esperado para ensamble de sistemas.

ACTIVIDAD		PRECEDENCIA	TIEMPO EN MINUTOS			
			optimista (a)	probable (m)	pesimista (b)	tiempo Esperado
A	sistema 1	-	2,4	3	4	3,1
B	sistema 2	-	4,4	5,2	6	5,2
C	sistema 3	-	4	4,2	5	4,3
D	sistema 4	-	4	4,3	5	4,4
E	ensamble	A,B,C,D	7,2	7,55	8	7,6
						24,5

Fuente: Propia.

Inicialmente se observa que al implementar un modelo de ensamble por sistemas se presenta una reducción de 5 minutos en el proceso de ensamble lo que representa un 16% de mejora con diferencia del proceso antes del rediseño.

Seguidamente se procede a realizar el plan de mejora para el proceso de ensamble con las nuevas actividades y sus tiempos para así tener el valor real de la mejora en tiempo, unidades y estaciones de trabajo necesarias para este rediseño.

Tabla 19. Actividades proceso de ensamble por sistemas.

ACTIVIDAD		PRECEDENCIA
A	solicitud de piezas para ensamble	-
B	transporte al area de ensamble	A
C	alistamiento de herramienta para ensamble	-
D	Ensamble sistema 1	A-B
E	Ensamble sistema 2	A-B
F	Ensamble sistema 3	A-B
G	Ensamble sistema 4	A-B
H	Ensamble Total	A,B,C,D,E,F,G
I	prueba de fumigadora	H
J	limpieza fumigadora	I
K	empaque de fumigadora	H,I

Fuente: Propia.

En esta tabla tenemos las actividades que se implementarán para el nuevo proceso de ensamble y su respectiva precedencia.

Ahora se procede a calcular el tiempo de ciclo del rediseño del proceso de ensamble.

Tabla 20. Tiempos esperados proceso de ensamble por sistemas.

ACTIVIDAD		PRECEDENCIA	TIEMPO EN MINUTOS			
			optimista (a)	probable (m)	pesimista (b)	tiempo Esperado
A	solicitud de piezas para ensamble	-	2	4	5	4
B	transporte al area de ensamble	A	1,5	2,5	3,3	2,5
C	alistamiento de herramienta para ensamble	-	2	3	4	3
D	Ensamble sistema 1	A-B	2,4	3	4	3,1
E	Ensamble sistema 2	A-B	4,4	5,2	6	5,2
F	Ensamble sistema 3	A-B	4	4,2	5	4,3
G	Ensamble sistema 4	A-B	4	4,3	5	4,4
H	Ensamble Total	A,B,C,D,E,F,G	7,2	7,55	8	7,6
I	prueba de fumigadora	H	2,7	3,9	5	4
J	limpieza fumigadora	I	2	3,7	5	4
K	empaque de fumigadora	H,I	1,5	2	3	2
TOTAL						43

Fuente: Propia.

Como se puede observar en la tabla No 20 este proceso tiene como tiempo esperado 43 minutos, lo que representa una reducción de 17 minutos en comparación con el tiempo anterior de 60 minutos.

Se calcula entonces el tiempo del ciclo que está dado por la siguiente ecuación planteada por B. W. Niebel and A. Freivalds [4].

$C = \text{tiempo de producción por día} / \text{producción por día. (2).}$

$$C = 420/48$$

$C = 8.75$ minutos.

El resultado de aplicar la ecuación (2) corresponde al tiempo óptimo requerido para producir 60 fumigadoras por día con la cantidad de operarios con que se cuenta actualmente que es de 5 ensambladores. Ahora se calcula la cantidad de estaciones de trabajo para lograr cumplir con esta meta de 60 fumigadoras por día. De acuerdo a B. W. Niebel and A. Freivalds se tiene:

NT=numero teórico de estaciones de trabajo.

T= tiempo de actividades en minutos

C = tiempo de ciclo

$NT = T/C$ (3).

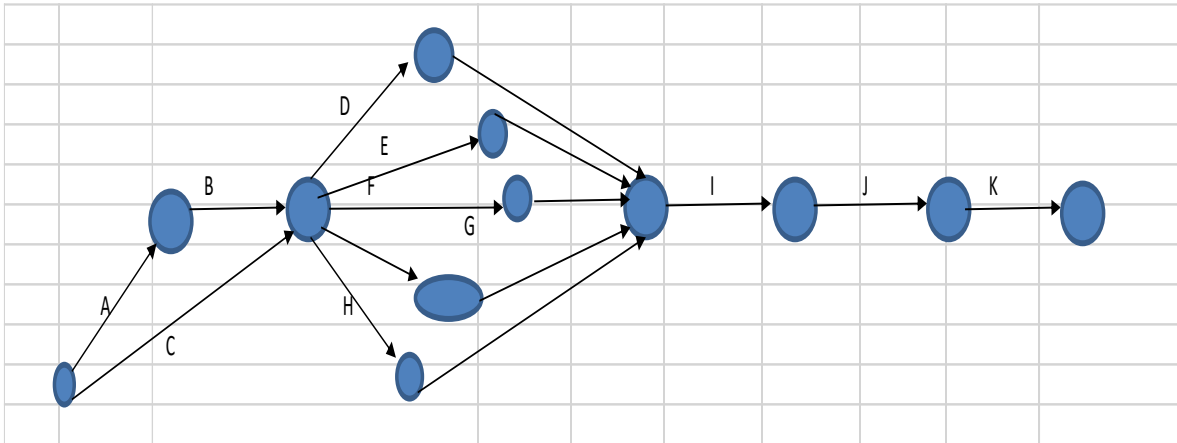
$NT = 43 / 8.75$

NT= 4.9 de redondea a 5 estaciones de trabajo

Al aplicar la ecuación No 3 el resultado nos arroja que se necesitan que se necesita 5 estaciones de trabajo para lograr la producción de 48 fumigadoras por día.

Figura 16. Diagrama de red del proceso de ensamble

Se procede a realizar el diagrama de red del proceso de ensamble para poder realizar una mejor interpretación del proceso.



Fuente: Propia

El diagrama de red mostrado en la figura No15. presenta todos los procesos todos los procesos en el orden que deben cumplirse para lograr la tarea a realizar. Tenemos que la mayoría de actividades son del proceso de ensamble debido a que se implementó ensamblar por sistemas; ahora procedemos a calcular la distribución por estaciones de trabajo, es decir, dar prioridad a las tareas que más actividades demandan.

Tabla 21. Tareas realizadas por estación de trabajo.

ESTACION	TIEMPO	TAREA
1	9,5	A,B,C
2	9	D,E
3	9	F,G
4	8	H
5	10	I,J,K
TOTAL	44	

Fuente: Propia

Las 5 estaciones de trabajo y sus actividades correspondientes distribuidas así:

En la estación de trabajo 1 se encargará de las actividades A, B, C las cuales son:

A. Solicitud de piezas para ensamble

B. Transporte al área de ensamble

C. Alistamiento de herramienta para ensamble

Con un tiempo de duración de 9.5 minutos para la realización de estas actividades, de ahí se pasará a la estación de trabajo 2, en la cual el ensamblador se encargará de las siguientes actividades:

D. Ensamble sistema 1

E. Ensamble sistema 2

Con un tiempo de 9 minutos para estas actividades, se pasará a la siguiente estación, la cual es la estación de trabajo 3, encargada de las siguientes actividades:

F. Ensamble sistema 3

G. Ensamble sistema 4

Con un tiempo para estas actividades de 9 minutos, luego se pasará a la siguiente estación la cual es la estación de trabajo 4, la cual se encarga de la actividad:

H. Ensamble Total

Con un tiempo de 7.55 minutos, luego se pasará a la estación de trabajo 5, la cual está encargada de las siguientes actividades:

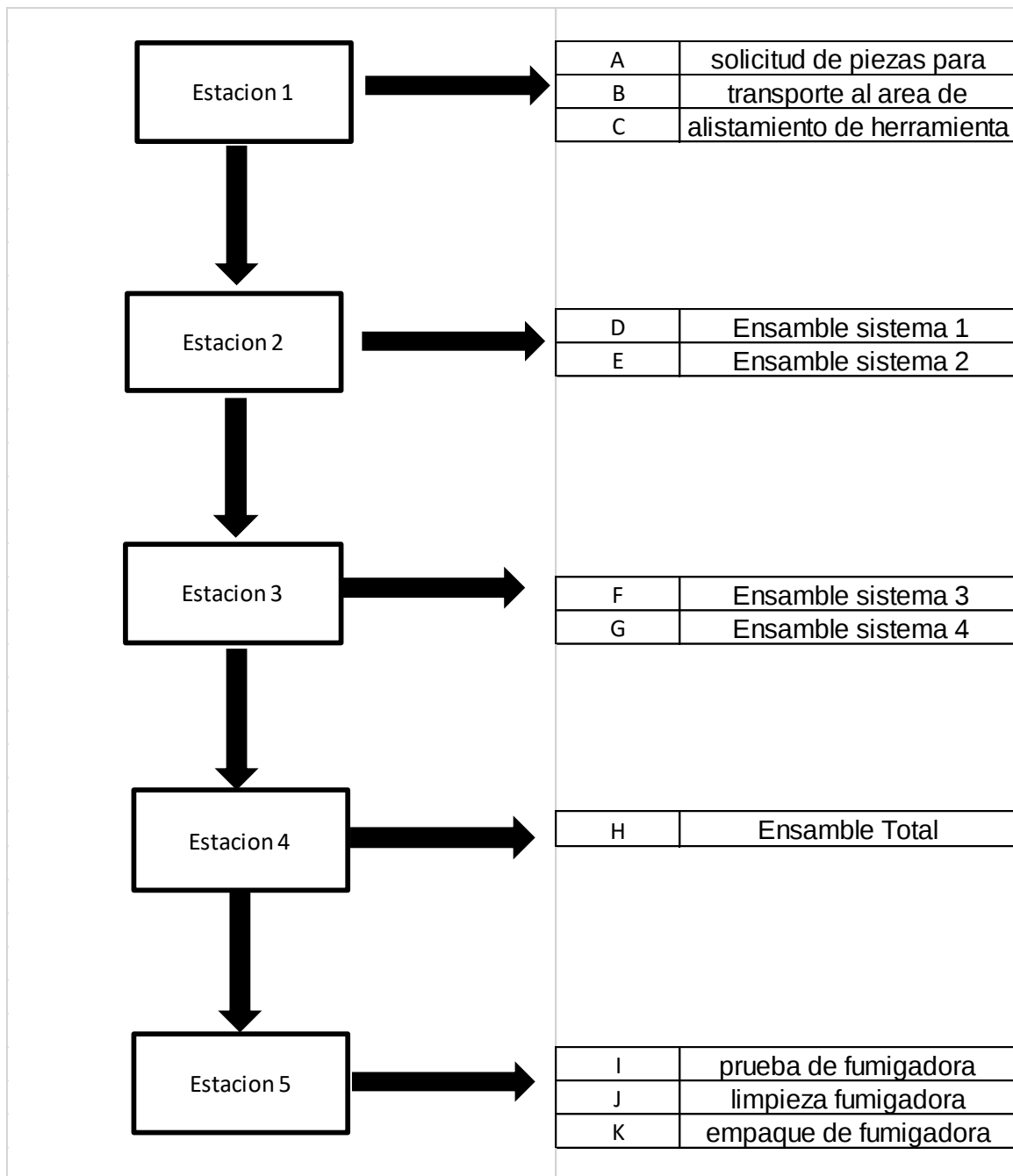
I. Prueba de fumigadora

J. Limpieza fumigadora

K. Empaque de fumigadora

Estas actividades contarán con un tiempo de 10 minutos para su realización y así finalizando con el proceso de ensamble y empaquetado de la fumigadora en un tiempo de 44 minutos.

Figura 17. Diagrama del rediseño ensamble.



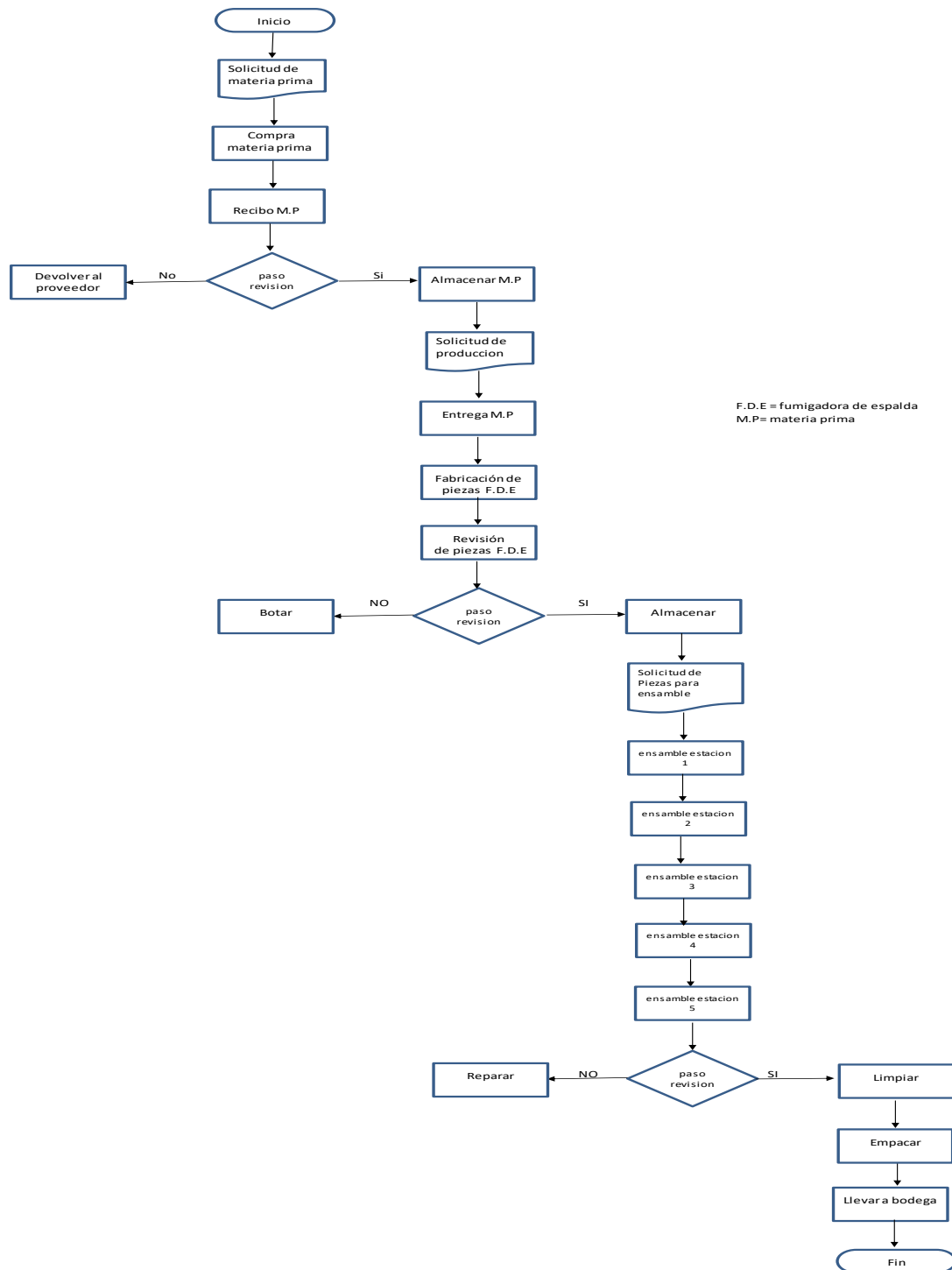
Fuente: Propia.

Al contar con un proceso de ensamble por estaciones se tienen ciertas ventajas y desventajas. Dentro de las ventajas tenemos un diseño de trabajo en el que todos los operarios estarán realizando una actividad determinada y estarán ocupados disminuyéndose los tiempos improductivos. Esto significa más efectividad en el proceso de ensamble, logrando una reducción de tiempos de fabricación teniendo como tiempo óptimo para el ensamble de la fumigadora 44 minutos.

Dentro de las desventajas tenemos que todo el proceso está sujeto a un tiempo determinado por el ciclo, es decir, si una estación se retrasa, se pasará a todo el proceso, generando demoras. Otra desventaja que se tiene sería el caso de que un empleado de alguna estación de trabajo se incapacite o se ausente, esto genera recargo laboral a las otras estaciones, pero para esta falencia tenemos como solución que contamos todavía con un operario supernumerario disponible para remplazar a alguna estación de trabajo en caso de eventualidades que se llegaran a presentar.

Las líneas de ensamble son fundamentales para la realización de procesos con una variedad de piezas, lo cual ayudará a tener mayor facilidad para cumplir con las metas de producción determinadas. Pero para lograr una implementación con éxito de este modelo de trabajo, se debe de realizar la capacitación y seguimiento de las actividades al personal del área de ensamble para vencer esa resistencia al cambio que se presentan la mayoría de operarios. Por ello, se sugiere implementar una campaña de concientización de la importancia de las funciones de cada operario dentro de la compañía.

Figura 18. Diagrama de flujo rediseño fumigadora de espalda.



Fuente: Propia.

Cuantificación de la mejora

Durante el desarrollo de este proyecto se rediseñaron los procesos de trabajo de las áreas de almacén, producción y ensamble, se mencionaron algunos puntos en lo que se cuantificaba la mejora ya sea en tiempo, dinero o productividad. Se realizará el comparativo entre el proceso anterior y el rediseño a implementar.

- Reducción de horas extra personal operativo.

Como no se contaba con una cantidad de fumigadoras a producir en el mes y no se tenía un modelo de producción se incurrían en horas extra para lograr cumplir con la demanda de fumigadoras la cuales eran de 2 horas extras diarias por 5 días, ya que solo se hacían horas extra de lunes a viernes. Por 14 empleados que son los del área de fumigadoras nos da un valor de 560 horas al mes representa un costo de \$2'415.800 m/cte.

Tabla 22. Costos de nomina

COSTOS NOMINA EMPLEADOS POR MES			
Concepto	cantidad	costo	total
Empleados	14	\$ 830.000	\$ 11.620.000
Horas extra mes	560	\$ 4.313	\$ 2.415.280
Total, Nomina			\$ 14.035.280

Fuente: Propia.

Tenemos que la nómina mensual tiene un valor de \$14'035.280 m/cte. lo que al multiplicarlo por 3 meses —que es el proyectado para cumplir la meta de producción en el

programa Winqsb, nos da un valor de \$42'105.840 m/cte. por el trimestre y realizando el modelo de producción en el programa la nómina tendría un costo de \$36'038.700 m/cte., lo que representa un ahorro trimestral de \$6'067.140 m/cte., Y a su vez un ahorro mensual de un ahorro mensual de \$2'022.380 m/cte., al no generar horas extra durante el proceso productivo.

El otro rediseño que se planteó fue en el área de almacén, la cual no contaba con procedimientos establecidos para la solicitud de mercancía y el control de la misma. Por esa razón, se diseñaron los procedimientos de almacén y un aplicativo que ayuda al control de inventario reduciendo los tiempos de espera de materia prima (de 48 horas), tiempo en que se veía afectada la producción al no contar con los insumos necesarios.

Por último, se rediseñó el proceso de ensamble que tenía un tiempo de 60 minutos por fumigadora y se logró reducir a 44 minutos lo que demuestra una mejora de 16 minutos en el tiempo de ensamble.

Tabla 23. Comparativo de tiempos antes y después del rediseño.

Antes		Después	
Descripcion	Tiempo (min)	ACTIVIDAD	tiempo Esperado
solicitud de piezas para ensamble	5	solicitud de piezas para ensamble	4
transporte al area de ensamble	3	transporte al area de ensamble	2,5
alistamiento de herramienta para ensamble	4	alistamiento de herramienta para ensamble	3
ensamble fumigadora	30	Ensamble sistema 1	3,1
prueba de fumigadora	4	Ensamble sistema 2	5,2
limpieza fumigadora	5	Ensamble sistema 3	4,3
empaque de fumigadora	2	Ensamble sistema 4	4,4
transporte al almacen	3	Ensamble Total	7,6
almacenamiento de fumigadora	4	prueba de fumigadora	4
Total	60	limpieza fumigadora	4
		empaque de fumigadora	2
		TOTAL	44

Fuente: Propia.

Esta mejora en la reducción del tiempo de ensamble también se ve reflejada en la eficiencia de la producción, ya que anteriormente, en un día se producían 42 fumigadoras con 6 ensambladores en un turno de 8 horas. Ahora con el rediseño del proceso de ensamble se producen 47 fumigadoras con solo 5 ensambladores lo que demuestra que el rediseño del proceso es más efectivo y óptimo que el proceso anterior.

Tabla 24. Comparativo de antes y después del rediseño

proceso	ensambladores	tiempo trabajado en minutos	tiempo de ensamble en minutos	fumigadoras producidas
antes	6	2520	60	42
rediseñado	5	2100	44	48

Fuente: Propia.

Como se observa en la tabla el proceso rediseñado necesita menos tiempo de trabajo y personal, pero aun así se producen más fumigadoras por día.

Estas opciones de mejora representan un gran avance para la empresa, ya que se cumple el objetivo del rediseño el cual es minimizar costos y optimizar recursos.

Relación costo beneficio

Para la realización de este proyecto se tienen los beneficios que se muestran en la tabla No 25. Los cuales son reducción de costos de nómina, reducción de tiempos de almacén, reducción de tiempos de ensamble y aumento de la producción por día. Todos estos costos los cuantificamos en pesos lo cual nos da un valor de dos millones novecientos sesenta y ocho mil pesos (\$2.968.900 m/cte.) mensuales.

Tabla 25. Comparativos costos antes y después del rediseño

Variables	Proceso anterior	Proceso rediseñado	Diferencia	Beneficio
costo nomina	\$ 14.035.280	\$ 12.012.900	\$ 2.022.380	\$ 2.022.380
tiempos almacen	50 horas 20 minutos	2 horas 20 minutos	48 horas	\$ 165.600
Ensamble	60 minutos	44 minutos	16 minutos	\$ 920
produccion por dia	42 fumigadoras	48 fumigadoras	6 fumigadoras	\$ 780.000
Beneficio total en pesos al mes				\$ 2.968.900

Fuente: Propia.

Este proyecto no cuenta con inversión, ya que es la aplicación de los conocimientos adquiridos en la carrera de tecnología en producción industrial de los estudiantes Johann Tejeda y Juan Duran,

5. Metodología de investigación

El tipo de estudio que se utilizó fue descriptivo, analítico y de campo.

Descriptivo: Permitió describir los entes que conforman el proceso de manufactura de fumigadoras de espalda en la empresa TALLER RENTERIA – FUMIGADORAS TAREA,

Analítico: El estudio está encaminado a examinar la problemática del proceso en TALLER RENTERIA – FUMIGADORAS TAREA y plantear posibles soluciones realizando la propuesta de rediseñar los procesos de la fumigadora de espalda.

De campo: El grupo se situó en TALLER RENTERIA – FUMIGADORAS TAREA lugar donde se realizó el estudio para obtener la información necesaria.

Fase I

Se hicieron entrevistas con los funcionarios encargados del proceso de la fumigadora de espalda, para identificar el proceso, fallas frecuentes, costos del reproceso para plantear soluciones.

Fase II

Realizar tomas de tiempos en el proceso productivo para hallar falencias en los procesos manuales.

Fase III

Documentar los procedimientos establecidos para identificar mejora de procesos.

Fase IV

Presentar una propuesta de rediseño del proceso de fabricación de fumigadoras de espalda.

Fase VI

Argumentar la viabilidad del rediseño del proceso de fabricación de fumigadoras de espalda.

7. Conclusiones

El rediseño de procesos y procedimientos para las labores de la empresa TALLER RENTERÍA Y FUMIGADORA garantiza la seguridad en sus operaciones y suministra la confianza necesaria a los clientes para la compra de los productos fabricados por la empresa. Además, con los procesos operativos rediseñados se promueve el uso óptimo de los recursos.

Con el desarrollo del proyecto se fue concientizando a los operarios sobre la importancia de los procedimientos y estándares, para tener un proceso de calidad y que realicen su trabajo de una manera óptima y más eficiente.

Se realiza un estudio de métodos y tiempos para lograr la estandarización del proceso de ensamble arrojando como resultado la disminución en un 26% el tiempo de ensamble de la fumigadora de espalda.

Se logra aumentar en un 14% la producción diaria de fumigadoras de espalda, gracias al rediseño del método de trabajo, implementado un modelo de trabajo por estaciones.

Con la implementación de un plan de producción Se logra disminuir en un 14% los costos de nómina generados por horas extra.

Con la implementación de un aplicativo en Excel se logra controlar de una mejor manera el inventario de insumos y suministros, logrando reducir el tiempo que se estaba sin suministros que era de 48 horas.

8. Recomendaciones

Gracias a la implementación se encontraron opciones de mejora y también otros aspectos para mejorar por estas razones se dan las siguientes recomendaciones:

- Capacitar al personal de ensamble en el nuevo proceso de ensamble.
- Realizar seguimiento y control a los operarios en las funciones a realizar y procedimientos a implementar.
- Realizar adecuaciones a los puestos de ensamble ya que no se encuentran en óptimas condiciones para el desarrollo de las actividades.
- Comprar un traspalé, estibas y canastillas para facilitar el transporte de los insumos tanto en la bodega como hacia el área de ensamble.
- Incentivar a los empleados para que sigan creando planes de mejora y reconocimiento al buen desempeño.
- Realizar una constante actualización de los inventarios para disponer de una información veraz.

Bibliografía

- [1] J. C. H. M. y A. V. Idoipe, *Lean manufacturing*. 2013.
- [2] R. F. O. V. D. A. R. UMAÑA and UNIVERSIDAD, *ESTANDARIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA BROCHA PROFESIONAL 5" DE INDUSTRIAS GOYAINCOL LTDA*, vol. 3, no. 4. 2014.
- [3] λ. S. H.-G. J. Liberman, *Introduccion a la investigacion de operaciones*, vol. 66. 2010.
- [4] B. W. Niebel and A. Freivalds, "Ingeniería industrial : métodos, estándares y diseño del trabajo," p. 586, 2014.
- [5] D. C. Fulss, "Técnicas y herramientas para el control de procesos y la gestión de la calidad, pasa su uso en la auditoría interna y en la gestión de riesgos," *Cons. Audit. Interna Gen. Gob.*, p. 163, 2015.