



**Rediseño De Una Planta Metalmecánica, Mediante La Metodología Análisis De Flujo
De Procesos (AFP)
“Trabajo De Grado”**

AUTOR:

Giovani Castro Hernández

Director:

Ing. David Leonardo Molano

Universidad Militar Nueva Granada

Facultad De Ingeniería Industrial A Distancia

Cajicá, Colombia

15 Febrero 2025

Rediseño de una planta Metalmecánica, mediante la metodología Análisis de flujo de procesos (AFP)

AUTOR:

Giovani Castro Hernández

Director:

Ing. David Leonardo Molano

Universidad Militar Nueva Granada

Facultad De Ingeniería

Programa de Ingeniería Industrial A Distancia

Cajicá, Colombia

2025

Dedicatoria

Este trabajo lo hice con esfuerzo por mi hermosa familia. Gracias por estar en todo momento complejo y no tan complejo durante mi carrera para brindarme la confianza de llegar a ser el mejor Ingeniero Industrial.

A mi esposa Diana Milena Moreno A, mi hijo Joel Esteban Castro Moreno por su tiempo de espera y sacrificio, para poder alcanzar este logro personal y Familiar.

A mi mamá, Ana Graciela Hernández Gómez, por ser una madre que siempre estuvo allí incondicionalmente para tenderme la mano y lograr cada objetivo propuesto en este proyecto de vida,.

Por ser esa mujer de ejemplo en servir sin esperar nada a cambio,

Por enseñarme a ser el hombre que soy,

Gracias, madre por cada valor, cualidad, dones, que me hiciste ver que había en mi para poder lograrlo.

Agradecimientos

Primeramente, a Dios por todo lo que me ha dado para poder llevar este trabajo a su finalidad. Este trabajo es el fruto de un gran esfuerzo personal y familiar pero también de la enseñanza, dedicación y paciencia de mis profesores de la UMNG A DISTANCIA, entre ellos destaco, Jose Arturo Lagos, Jose Guillermo Cogollo, David Leonardo Molano, Juan David Forero, quien desde inicios de mi carrera me dieron sus mejores consejos para llevarlos a la práctica y lograr alcanzar cada meta en cada semestre y al final poder ejecutarlos en mi trabajo de grado y demostrar ser el mejor profesional.

Contenido

Contenido.....	5
Índice de Tablas	7
Índice de Figuras.....	8
Introducción	11
Resumen.....	13
Abstract.....	14
Capítulo 1.....	15
1. Planteamiento del Problema	15
1.1 Antecedentes.....	15
1.2 Problema	16
1.3 Pregunta de Investigación.....	20
Capítulo 2.....	21
2. Justificación	21
2.1 Estado del Arte	22
2.2. Objetivos del proyecto.....	27
2.3. Delimitación y Alcance	28
Capítulo 3.....	29
3. Metodología	29

3.1 Síntesis del problema.....	29
3.2 Observación del problema	29
3.3. Hipótesis	30
3.4 Tipo de Investigación	31
3.5 Diseño de Investigación.....	31
3.6 Recopilación de Datos	31
3.7 Métodos de análisis de datos	34
3.8 Métodos de distribución de Planta o Layout	39
3.9 Simulación en ProModel	40
Capítulo 4.....	41
4. Resultados.....	41
4.1 Diagnóstico inicial de la planta metalmecánica.	41
4.3 Simular un nuevo Layout por medio del software ProModel	59
4.4 Propuesta de rediseño	67
4.4.1 Diagrama de Flujo nuevo proceso de lámina	68
4.5 Cronograma	70
Conclusiones.....	71
Bibliografía	73
Anexo A.....	78

Índice de Tablas

Tabla 1	Encuesta dirigida a trabajadores de una planta metalmecánica.	34
Tabla 2	Estudio de toma de tiempos proceso lamina.....	36
Tabla 3	Índice de ocupación de espacio de toda la planta de producción	44
Tabla 4	Tiempo de Inactividad ala sur proceso Lámina	46
Tabla 5	Índice de ocupación de espacio.....	49
Tabla 6	Estudio de toma de tiempos proceso lámina.....	50
Tabla 7	Tiempo de inactividad antes vs después	58
Tabla 8	Medidas bancos 10 y 11.....	59
Tabla 9	Tabulación Tiempos Modelo Inicial - ProModel.....	65
Tabla 10	Tabulación Tiempos Modelo Mejora – ProModel.....	67
Tabla 11	Cronograma.....	70

Índice de Figuras

Figura 1	Proceso de Lámina	17
Figura 2	Diseño planta Actual.....	17
Figura 3	Puente Grúa ocupada en el area de despacho	18
Figura 4	Grúa brazo pluma al frente de bancos provisionales ocupada sosteniendo una figura o pieza y camión brazo pluma ocupado descargando materia prima en banco provisional	18
Figura 5	Camión brazo pluma ocupado con materia prima a la espera de descargue.	19
Figura 6	Exceso de Materia Prima al frente de Rack de Láminas	20
Figura 7	Distribución de planta actual	30
Figura 8	Herramientas de medición	32
Figura 9	Diagrama de flujo planta actual	38
Figura 10	Máquina de plasma y oxicorte.	43
Figura 11	Mapa de procesos de la planta Actualmente.....	43
Figura 12	Area construida empresa metalmecánica.....	44
Figura 13	Bancos 10 y 11.....	45
Figura 14	Área subutilizada	45
Figura 15	Proceso de lámina de la Maquina de Plasma u Oxicorte 1	54
Figura 16	Ubicación Rack 1 de Laminas Actualmente	55

Figura 17	Proceso de lámina de la Maquina de Plasma u Oxicorte 2.	55
Figura 18	Ubicación Rack 2 de Laminas Actualmente	56
Figura 19	Racks de almacenamiento de láminas por fuera del área de producción..	57
Figura 20	Simulación Layout Actual	60
Figura 21	Locaciones	60
Figura 22	Arribos	61
Figura 23	Entidades.....	62
Figura 24	Redes de rutas	62
Figura 25	Recursos.....	63
Figura 26	Proceso.....	64
Figura 27	Modelo Inicial Tiempo de operación de los puestes grúa - grúa brazo pluma	64
Figura 28	Tiempos Modelo Inicial – ProModel.....	65
Figura 29	Estadística Modelo Mejora Tiempo de operación de los puestes grúa - grúa brazo pluma ProModel	66
Figura 30	Simulación nuevo Layout – ProModel	67
Figura 31	Diagrama de flujo proceso de lámina propuesto.....	68
Figura 32	Racks propuestos para el proceso de lámina.....	69
Figura 33	Racks 1y2 fuera del area de producción	69
Figura 34	Traslado de bancos 10 y 11 al area subutilizada y se coloca el Rack de	

láminas propuesto para dejarlo al lado de las dos máquinas de plasma.	70
--	----

Introducción

La industria metalmecánica contribuye significativamente a la economía suministrando piezas vitales para una serie de sectores tales como el sector de la construcción y el automotriz. Sin embargo, esta industria tiene muchos obstáculos que superar, como flujos de trabajo ineficaces, elevados gastos operativos y problemas para responder a las fluctuaciones de la demanda. Una forma de abordar estos problemas es mediante la mejora de los procesos de producción, con el fin de lograr eficiencia y calidad en los productos, los cuales se constituyen en factores importantes para que las empresas alcancen niveles competitivos en un mercado cada vez más exigente.

La problemática reside en que algunas empresas metalmecánicas carecen de documentos en sus actividades productivas, no hay un proceso detallado ni caracterizado, ocasionando: Retrasos en sus procesos, excesos de movimientos, tiempos de espera, cuellos de botella y áreas subutilizadas, que restringe su capacidad operativa.

El objetivo de esta investigación es diagnosticar, analizar y simular ineficiencias específicas en el flujo de trabajo de una planta metalmecánica, que requiere eficiencia en sus procesos. De esta investigación se podrá determinar cuellos de botella, tiempos de espera, exceso de movimientos y una propuesta de distribución que mejore la capacidad productiva. El problema concreto que hay que resolver es la ineficiencia de la distribución de la planta en el sector del proceso de lámina, lo cual ha ocasionado improductividad en la operación.

En las últimas décadas, se ha producido una evolución sustancial en la bibliografía sobre procedimientos de disposición y procesos en el sector metalmecánico, existen varios enfoques, como Six Sigma, Lean Manufacturing y el análisis de flujo de procesos (AFP), que se han utilizado eficazmente para maximizar el rendimiento de las líneas de producción, estos métodos detectan y eliminan los residuos, mejoran la calidad y agilizan la fabricación. Sin embargo, a pesar de estos avances, muchas plantas siguen funcionando con diseños que

distan mucho de ser ideales, lo que pone de manifiesto la necesidad de un enfoque metódico de la reasignación de recursos y procesos. Posteriormente, se desarrolló la etapa de resultados donde se puede claramente detallar que el primero de ellos corresponde a la etapa de diagnóstico donde se puede establecer la problemática actual de la planta, específicamente en el sector de lámina, mediante herramientas de medición tales como: Entrevistas y encuestas, mapeo del área, recolección de Datos (tiempos y movimientos), método de observación, para lograr determinar la problemática actual. El segundo resultado corresponde a la aplicación de la metodología de análisis de flujo de proceso AFP, aplicada a los procesos actuales para elaborar una propuesta de mejora y el tercer resultado corresponde a un escenario simulado donde se proyecta la situación actual vs la situación propuesta generando un nuevo Layout o distribución de planta.

Resumen

En esta Investigación, se utiliza la Metodología de Análisis de Flujo de Procesos (AFP) para mejorar el proceso de Lamina de una empresa Metalmecánica. A través de un diagnóstico completo, se detectaron excesos de movimientos, tiempos de espera, cuellos de botella y un área subutilizada que limitaban la capacidad operativa del área y de la planta.

Estableciendo herramientas de análisis de tiempos y mapeo de procesos permitió reorganizar el flujo de trabajo y asignar los recursos de forma más eficiente. Los resultados demostraron un notable aumento de la producción y una disminución de los tiempos de espera, lo que ayuda a la empresa a aprovechar mejor su espacio y aumentar la rentabilidad. Además de mejorar el área correspondiente, esta estrategia establece el marco para próximas mejoras de la gestión de procesos de la organización.

Abstract

In this Research, the Process Flow Analysis Methodology (AFP) is used to improve the Sheet process of a Metalworking company. Through a complete diagnosis, excess movements, waiting times, bottlenecks and an underused area were detected that limited the operational capacity of the area and the plant.

Establishing time analysis and process mapping tools allowed us to reorganize the workflow and allocate resources more efficiently. The results will demonstrate a notable increase in production.

and a decrease in waiting times, which helps the company make better use of its space and increase profitability. In addition to improving the corresponding area, this strategy establishes the framework for future improvements in the organization's process management.

Capítulo 1

1. Planteamiento del Problema

1.1 Antecedentes

De acuerdo con Colombiana (2020), el sector metalmecánico en Colombia es fundamental para el desarrollo económico del país, siendo uno de los sectores más productivos de la industria nacional. Según lo informado o divulgado por Asturex, la Cámara de la Cadena Metalmecánica y Astillero de Colombia (Fedemetal), afiliada a la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI), ha potenciado esta industria como un importante polo exportador. **Cundinamarca y Boyacá:** se destacan en el desarrollo del sector metalmecánico, se centra significativamente en empresas dedicadas a esta industria. **Antioquia y Atlántico:** presentan de igual manera un desarrollo importante en el sector, contribuyendo de una manera exponencial a la producción nacional.

“La industria metalmecánica supone un sector estratégico en el crecimiento económico. Lo anterior debido a los encadenamientos industriales, la generación de valor agregado y la absorción de mano de obra calificada. Al respecto, dado que la industria metalmecánica actúa como proveedora de materiales e insumos hacia la industria minera, la construcción, agrícola, automotriz o manufacturera, su dinámica sirve como un termómetro para evaluar el desempeño de la economía en su conjunto”. (Cámara de comercio de Manizales, 2022, p. 2)

Para mejorar la eficiencia y la competitividad de las empresas del sector metalmecánico es fundamental detectar y mejorar los procedimientos de fabricación, identificando ineficiencias como exceso de movimientos, tiempos de espera, cuellos de botella y áreas subutilizadas en la producción a través del análisis detallado de los flujos de trabajo. De esta manera, se facilitará la implementación de modificaciones

que potencien las operaciones y disminuyan los gastos. El sector metalmecánico de Colombia es vital para la industria manufacturera nacional. Su función principal consistente en procesar y vender productos derivados de la producción de hierro y acero, así como metales no ferrosos. Además de abastecer materias primas a sectores como la construcción, el transporte y la industria automotriz. (Tapia, 2020, p. 9)

1.2 Problema

Según Logistics (2024), en el primer trimestre de 2024 la industria de la construcción ha mostrado un crecimiento favorable. La inversión en infraestructura pública ha sido uno de los pilares fundamentales para este crecimiento positivo y se mantiene como una de las principales prioridades del gobierno colombiano. En el primer trimestre del año pasado el sector industrial mostró un crecimiento del 3%, impulsado principalmente por las industrias manufactureras y de la construcción. Para las empresas metalmecánicas en todo momento será significativo que estén evaluando constantemente sus procesos y modificarlos, para lograr reducir problemas que les limite su planta de producción para poder ser más competitiva a nivel nacional e internacional.

A sí mismo, Duitama (2024), explica que la posición geográfica es favorable, la técnica y la confianza cada vez mayor entre los agentes institucionales son algunos factores claves en el sector metalúrgico que fomentan un mayor entusiasmo y apertura hacia nuevas propuestas que trasciendan la producción convencional para generar productos más sofisticados que satisfagan tanto el mercado interno como externo, generando empleo y dinamizando la economía.

Actualmente una de las plantas metalmecánicas en Bogotá está construyendo bastantes estructuras para el sector público y privado en la construcción, y en la visita al sitio se logra identificar que en el proceso de Lamina presenta tiempos de espera,

excesos de movimientos, cuellos de botella y un area subutilizada. Ver (Figura 1).

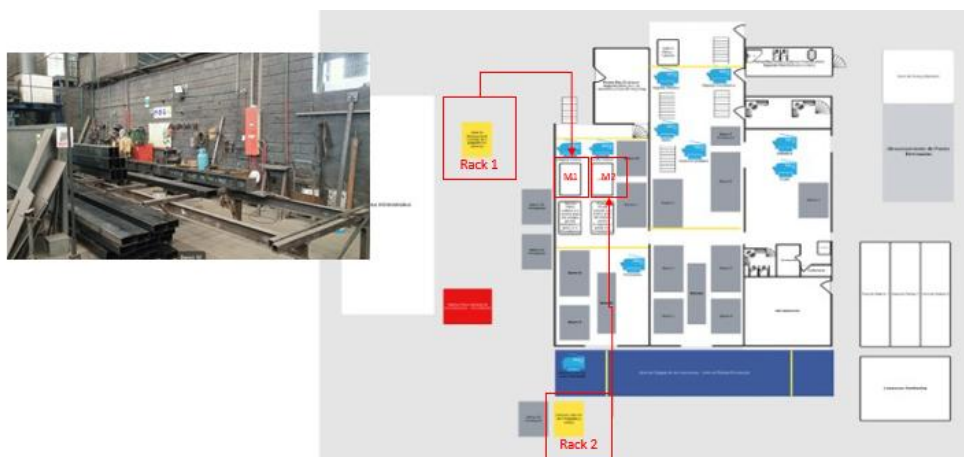
Figura 1 Proceso de Lámina



Fuente. Elaboración propia.

En este proceso existen fallos en la disposición de los puestos de trabajo y las zonas de producción, que repercuten en el flujo de materiales y el tiempo de producción, podemos identificar los Racks 1y2 de almacenamiento de las láminas en lugares apartados, ver (Figura 2), (Color amarillo).

Figura 2 Diseño planta Actual



Fuente. Elaboración propia.

Esto ocasiona que el proceso de lámina se detenga en varias oportunidades porque

se debe esperar que los técnicos de ambas máquinas de plasma u oxicorte les desocupen los puentes grúa en el área de producción y en el caso de la maquina 1 esperar que el camión brazo pluma o grúa brazo pluma se desocupe porque están con materia prima para descargue o sosteniéndola en los puestos de trabajo provisionales afuera de la zona de producción o en la zona de cargue y despacho. Ver (Figuras 3,4 y 5).

Figura 3 Puente Grúa ocupada en el area de despacho



Fuente.. Elaboración propia.

Figura 4 Grúa brazo pluma al frente de bancos provisionales ocupada sosteniendo una figura o pieza y camión brazo pluma ocupado descargando materia prima en banco provisional



Fuente. Elaboración propia.

Figura 5 *Camión brazo pluma ocupado con materia prima a la espera de descargue.*



Fuente. Elaboración propia.

En particular, hay una cantidad excesiva de transporte de materiales y componentes entre estaciones como resultado que múltiples lugares de almacenamiento estén situados fuera de la línea de producción principal, (Racks donde almacenan las láminas). Estos desplazamientos innecesarios reducen la eficacia global de la planta, alargan los tiempos de espera, aumentan los gastos de logística interna y dificultan una reacción rápida a la demanda. (Muther, 1970, pág. 9).

Una análisis estratégico y ágil para rediseñar el Layout de la planta es la aplicación de la metodología de Análisis de Flujo de Proceso (AFP), Con el fin de crear un diseño de planta más lógica y útil en el sector sur de la planta metalmecánica, (Proceso de Lámina). Esta metodología permite evaluar cuidadosamente el flujo de material, examinar los movimientos innecesarios que generan cuello de botella y mejorar la disposición de las estaciones de trabajo y los equipos en el proceso de lámina. El objetivo de utilizar AFP es promover el flujo continuo de trabajo, minimizar los viajes innecesarios y utilizar de manera efectiva el área donde se encuentran las máquinas de Plasma y Oxicorte a su vez darle más libertad al transporte interno de la planta para

agilizar los demás procesos de producción.

La empresa podrá acortar los plazos de producción, maximizar el uso de los recursos e impulsar su competitividad en el mercado gracias a este cambio de distribución de sus áreas de trabajo evitando tiempos de espera, incluso evitar accidentes por exceso de materia prima cerca del lugar de almacenamiento o despacho donde se encuentra el Rack 2 de almacenamiento de láminas, ver (Figura 6). (Muther, 1970, pág. 10).

Figura 6 *Exceso de Materia Prima al frente de Rack de Láminas*



Fuente. Elaboración propia

1.3 Pregunta de Investigación

¿Cómo rediseñar una planta de producción en una empresa metalmecánica por medio de la metodología Análisis de Flujo de Procesos (AFP)?

Capítulo 2

2. Justificación

En las empresas metalmecánicas, actualmente existe una demanda creciente de productos de alta calidad y la necesidad de reducir los costos operativos, mejorando la distribución de las áreas de producción, con el fin de impulsar la eficiencia operativa y la competitividad. Es importante encontrar la forma de hacer uso eficiente de los recursos disponibles con el fin de incrementar la capacidad de producción y reducir los desperdicios y el tiempo de inactividad relacionado con operaciones sin valor agregado. (Muther, 1970, pág. 9)

Debido a lo anterior, se realiza una consulta de que metodología podría aplicarse para dar solución al problema y encontrar un nuevo Layout o distribución de planta que logre ser eficiente a la actual planta de producción. Se opta por aplicar la metodología Análisis de flujo de procesos (AFP), porque a) Permite una representación clara y esquemática del proceso de producción. b) Identificación de procesos de trabajo, entradas y salidas, actividades, decisiones y flujos de trabajo. c) Es más sencillo detectar errores e identificar áreas con potencial de mejora. (Cesias, 2021, pág. 1)

Debido a las bondades del uso de esta metodología, podemos resolver las principales problemáticas detectadas en el momento de visitar la planta de producción, las cuales son:

- **Identificación de residuos:** al mapear los flujos de trabajo y procedimientos actuales, AFP facilita la identificación de actividades que no agregan valor, incluidos períodos de espera, sobreproducción y transporte innecesario. Para eliminar el desperdicio y aumentar la eficiencia, esta visibilidad es crucial. (Holweg, 2016)
- **Mejora del flujo de materiales:** al utilizar AFP, es posible diseñar flujos de

materiales más efectivos que reduzcan los movimientos innecesarios y mejoren la disposición de las estaciones de trabajo, las máquinas y el espacio. (Stephens, 2005)

- **Reducción de Tiempos de Ciclo:** La AFP ayuda a reducir los tiempos de ciclo, lo que se traduce en mayor capacidad de producción y tiempos de entrega más rápidos, al localizar y eliminar cuellos de botella y agilizar el orden de operación y entrega. (Revista internacional de tecnología y gestión de fabricación, 2000)

Aplicando estos tres usos de la metodología AFP, se podrá realizar la propuesta de una planta más eficiente teniendo en cuenta los objetivos específicos de este trabajo.

2.1 Estado del Arte

La revisión de la literatura indica que la gestión científica de Frederick Taylor marca el inicio del estudio del flujo de procesos. A través de su teoría, introdujo ideas que vinculan los estudios de tiempo y movimiento a los objetivos del análisis del flujo de procesos, que buscan comprender y optimizar el desarrollo de un proceso. Si bien no mencionó explícitamente el término (AFP) Taylor sentó las bases para enfoques futuros que se centran en analizar y mejorar procesos completos a través del análisis, Taylor además estableció los cimientos para métodos posteriores que se centran en analizar y mejorar procesos enteros mediante el análisis y la evaluación de actividades individuales. En resumen, la Administración Científica de Taylor proporciona herramientas básicas que pueden ser parte de la técnica AFP para mejorar la productividad y eficiencia en diversos entornos laborales, aunque no se centra específicamente en el análisis completo del flujo de procesos. (Torreslanda, 2022, pág. 51)

Como parte complementaria me apoyo con los siguientes exponentes para poder generar conocimiento nuevo a través del análisis de flujo de proceso, conocido como

AFP en ingeniería industrial, es un método utilizado para evaluar y optimizar el orden de las operaciones y el movimiento de componentes en las estaciones de trabajo de una planta. Aunque no es una técnica nueva, sigue siendo relevante en la investigación actual debido a su capacidad para identificar ineficiencias y mejorar los procesos de fabricación.

2.1.1 Muther Richard, (1970) «Distribución en planta» (España), Biblioteca de dirección, organización y administración de empresas. Técnicas de organización Industrial. Editorial Hispano-Europea Barcelona (España).

El libro 'Distribución en planta' de Richard Muther es una obra clave en el campo de la gestión organizacional e industrial. Tanto si se trata de una oficina como de una planta de producción u otro tipo de instalación; esta obra proporciona un enfoque sistemático para organizar y optimizar la disposición física de los recursos en un entorno laboral. Presentar conceptos fundamentales para implementar la técnica de análisis de flujo de procesos AFP, que facilita el analizar y diseñar diagramas de flujo para su aplicación en el análisis y desarrollo de diseños de nuevas distribuciones en instalaciones y procesos que permite identificar situaciones que deben tenerse en cuenta desde el principio antes de construir una planta para lograr un impacto económico positivo. Una vez que la planta ya esté construida será posible detectar sus debilidades rápidamente y empezar a implementar una distribución adecuada al analizar el flujo del proceso. Al combinar ambos enfoques, metodología SLP y la metodología AFP se logra una alineación entre el análisis teórico del flujo de procesos y su implementación práctica en la distribución física, resultando en operaciones más eficientes y coherentes. Esto hará que la productividad incremente, reduciendo costos operativos y maximizando el uso del espacio disponible.

El tema principal de este libro radica en la metodología SLP la cual divide en

varias etapas: recopilación de información, análisis de las relaciones entre actividades, diseño de alternativas de distribución y selección de la configuración óptima. Muther guía al lector evaluando aspectos como accesibilidad, flexibilidad y proximidad a través de matrices, gráficos y ejemplos del mundo real. El escritor también examina los aspectos humanos y logísticos y las implicaciones económicas de las decisiones relacionadas al diseño de las plantas. Investigaciones y ejercicios que ilustran la aplicación del método en diversas situaciones; desde la producción en masa hasta los servicios especializados; refuerzan el enfoque práctico presentado en el libro.

En resumen, el libro de Richard Muther ha llegado a ser un pilar tanto teórico como práctico en el campo de la distribución en planta. Su enfoque estructurado no solo ofrece una herramienta práctica para el diseño de distribuciones, sino que también promueve un acercamiento estratégico y basado en datos para la toma de decisiones. La importancia de esta obra radica en su capacidad para adaptarse tanto a los cambios tecnológicos como organizativos, manteniéndose relevante como una referencia esencial para profesionales e investigadores interesados en la optimización de procesos industriales y logísticos. (Muther, 1970).

2.1.2 De la fuente Garcia, David; Fernández Quesada, Isabel (2005)

«Distribución en planta»

El indicador en este libro nos da datos clave sobre el proceso de evaluación de los recursos necesarios para una empresa. Estos recursos abarcan diferentes elementos de producción que, al ser organizados siguiendo ciertos criterios específicos, le permitirán alcanzar sus metas. Estos elementos van desde las políticas de recursos humanos hasta la manera en que ha optado por organizar su proceso de producción. A lo largo del libro se enfoca en el aspecto del diseño de las plantas. Al utilizar esta tecnología, una empresa obtendrá una ventaja táctica y estratégica significativa sobre

sus competidores en el mercado, o al menos un punto de partida comparable. (Trabajo basado en el libro Diseño de Planta de Richard Muther actualizada al 2005).

(Kanawaty, 1996).

2.1.3 (Kanawaty, 1996) «Introducción al estudio del trabajo OIT»

Ha habido modificaciones en este libro en los últimos quince años desde la publicación de la tercera versión actualizada. Ya sea en entornos de oficina o en las fábricas, la tecnología ha cambiado significativamente la forma en que las cosas son gestionadas y llevadas a cabo. Como resultado de los avances en gestión de la producción, han surgido numerosas nuevas y emocionantes aproximaciones a los procedimientos laborales. Estas nuevas formas de abordar los procedimientos laborales han emergido gracias a los avances en gestión de la producción. El sector industrial ha experimentado dificultades debido al crecimiento continuado del sector de servicios. A la vez, muchas compañías han adoptado horarios laborales diferentes y flexibles.

El estudio no podía dar la espalda a estos sucesos ni mantenerse al margen de ellos. Si bien los procedimientos son una de sus metas prioritarias, no puede alcanzarla desconectándose de las corrientes tecnológicas en operaciones y del pensamiento actual. Los avances tecnológicos pueden ser aprovechados como un recurso valioso para la investigación del trabajo, especialmente en sistemas informáticos. (Software ProModel).

La sección actualizada de medición del trabajo (cuarta parte del libro), abarcó todo el espectro de métodos: desde sistemas de nivel macro hasta estrategias de nivel micro como las estimaciones estructuradas y los estándares de tiempo predeterminados. Se discutieron las estimaciones estructuradas y los estándares de tiempo predeterminados como estrategias de nivel micro en la sección actualizada de medición del trabajo.

(págs. 273, 279, 280)

2.1.4 Rudy Ademir Maldonado Meza, 2022. «Propuesta de la aplicación de estudio de tiempos en el área de producción para incrementar la productividad en la empresa de metalmecánica axis ingeniería y proyectos sac»

Este trabajo de grado ofrece las pautas para poder entender y analizar las bases de construcción de una planta del sector metalmecánico, utilizando lo necesario para toma medidas, registrar tiempos, analizar los puestos de trabajo.

Su principal aporte es la correcta toma de tiempos y movimientos de los operarios para poder realizar una propuesta en la mejora de la productividad.

Por medio del análisis de estudio de métodos y tiempos en el área de producción en la empresa señalada, logra el objetivo de comprobar la baja productividad.

2.1.5 Oscar Eduardo Asaquibay Rigcha – Erik Alejandro Orellana Lozano, 2021. «Propuesta de optimización de mejora de la distribución de planta para un taller metalmecánico ubicado en la ciudad de Guayaquil»

Trabajo de grado enfocado en dos pilares, la distribución de planta y materiales acumulados en el área de trabajo de los operarios o técnicos, generando posibles riesgos a su integridad. Esto generando múltiples retrasos en la producción ya que adicional a esto hay maquinas mal ubicadas ocasionando que la productividad se vea afectada.

Su investigación conlleva describir las actividades que realizan en el taller metalmecánico, hacer un diagnóstico situacional del taller, proponer una distribución de planta que optimice los procesos.

Este trabajo se relaciona con esta investigación encontrando tipos de distribución de planta, tipos de flujos de procesos y principales problemas de distribución de

planta. Se alinea para poder realizar ejercicios de observación en campo para posterior realizar análisis de flujo de procesos AFP como diagramas de flujo.

2.1.6 Duván Yesid Martínez Alfonso, 2017. «Diseño y mejoramiento de la distribución en planta de la empresa de metalmecánica soldimontajesdiaz.ltda ubicada en paipa, Boyacá»

Para el mejoramiento de tiempos de una planta metalmecánica, este trabajo de grado muestra por medio de diagramas de flujo de procesos, descripción y análisis de procesos, diagramas de análisis de procesos, el estudio que realizó el exponente de manera que logra finalmente realizar su propuesta.

Por medio de diferentes elementos utilizados para la toma de información entre ellos Cronometro, tablero liso para los formularios, un formato de estudio de tiempos para ir ingresando la información, calculadora, cámara de video y de fotografía, se logró una recolección de datos efectiva reduciendo los costos de la investigación y logrando efectividad para la toma de decisiones.

Con los trabajos de grado consultados se pueden extraer técnicas de recolección de datos, información relevante a tener en cuenta a la hora de realizar el diagnostico de una planta de una empresa metalmecánica, aspecto de la metodología AFP que se pueden usar para poder establecer la situación actual y las formas que para los requerimientos planteados se han dado propuestas de mejoras en los procesos, la importancia de los diagramas de flujo para poder determinar cuellos de botella, desperdicios, tiempos mal operados o susceptibles de mejora.

2.2. Objetivos del proyecto

2.2.1 Objetivo General

Rediseñar la distribución de una planta metalmecánica usando la metodología de

análisis de flujo de procesos (AFP).

2.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar un Diagnóstico de los procesos de la planta metalmecánica.
- Analizar los procesos de una planta metalmecánica por medio de la metodología análisis de flujo de procesos AFP
- Simular un nuevo Layout con la aplicación ProModel para la empresa metalmecánica.

2.3. Delimitación y Alcance

- **Metodología:**

La metodología que se aplicará a la investigación será análisis de flujo de procesos AFP con un enfoque exploratorio y mixto para este trabajo. A través de ella exploramos los problemas operativos y como la metodología AFP junto con el software ProModel pueden solucionar la problemática. Con el enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo), el combinarlos será importante ya que aprovechamos las fortalezas de ambos para ofrecer una visión más completa y robusta del problema.

- **Area de estudio:** Se realizará en una empresa metalmecánica en Bogotá, con el fin de identificar el flujo de trabajo actual mediante la observación, mapeo del proceso, toma de tiempos, entrevistas y recolección de información.
- **Tiempos:** La fase de diagnóstico, la evaluación de los resultados, la propuesta de mejora se llevará a cabo dentro del periodo de 4 meses. Esto permitirá un examen tangible de las diferencias de productividad antes y después del proyecto.

Capítulo 3

3. Metodología

3.1 Síntesis del problema

Actualmente una de las plantas metalmecánicas en Bogotá está construyendo bastantes estructuras para el sector de la construcción, y en la visita a una de ellas se logra identificar que en el proceso de lámina presenta tiempos de espera, excesos de movimientos, cuellos de botella y un área subutilizada.

En este proceso existen fallos en la disposición de los puestos de trabajo y las zonas de producción, que repercuten en el flujo de materiales y el tiempo de producción, se identifican los Racks 1y2 de almacenamiento de las láminas en lugares apartados.

Esto ocasiona que el proceso de lámina se detenga en varias oportunidades porque se debe esperar que los técnicos de ambas máquinas de plasma u oxicorte les desocupen los puentes grúa en el área de producción y en el caso de la máquina 1 esperar que el camión brazo pluma y grúa brazo pluma se desocupen, porque están con materia prima para descargar y sosteniendo una estructura o figura en los puestos de trabajo provisionales afuera de la zona de producción y en la zona de cargue o despacho.

En particular, hay una cantidad excesiva de transporte de materiales y componentes entre estaciones como resultado de múltiples lugares de almacenamiento situados fuera de la línea de producción principal, (Racks donde almacenan las láminas). Estos desplazamientos innecesarios reducen la eficacia global de la planta, alargan los tiempos de espera, aumentan los gastos de logística interna y dificultan una reacción rápida a la demanda.

3.2 Observación del problema

En la planta metalmecánica el ingeniero de calidad entrega el mapa de la planta actual donde se puede apreciar la distribución actual ver (*Figura 7*). Se logra definir Se realiza un

examen riguroso y detallado de los hechos vistos en el planteamiento del problema.

(Tecnología, 2023)

Figura 7 Distribución de planta actual



Fuente. Mapa Suministrado por la empresa.

3.3. Hipótesis

Al ser una metodología exploratoria, no se establecen hipótesis. Lo que se puede formular son conjeturas iniciales por medio de la observación. (Sampieri, 2014).

Conjeturas iniciales:

- El área de lámina se evidencia exceso de movimientos para el desplazamiento de las láminas desde los racks que se encuentran por fuera del área de producción, hacia las máquinas de plasma y oxicorte. Ver (Figura 2).
- El técnico operario debe esperar que los puentes grúas, camión brazo pluma o grúa brazo pluma terminen de realizar otros movimientos para luego poder transportar las láminas a las máquinas de plasma y oxicorte.

3.4 Tipo de Investigación

Se empleará un análisis mixto que implicaran la recolección y observación de datos cualitativos y cuantitativos, abordando los problemas operativos, así como su integración y discusión conjunta explorando su posible solución mediante el uso del software ProModel y la metodología AFP. La importancia de combinar métodos cuantitativos y cualitativos es fundamental para aplicar técnicas de recolección de datos en el sitio, tales como entrevistas, toma de tiempos, movimientos y mediciones del área del proceso a estudiar.

Así mismo, brinda un punto de partida para investigaciones futuras con datos preliminares que facilita y cumple el propósito de dar una comprensión general del problema y las variables involucradas. (Sampieri, 2014, pág. 534)

3.5 Diseño de Investigación

Permite un análisis detallado de aspectos tanto cualitativos (percepción del personal y dinámica laboral) como cuantitativos (tiempos, distancias y flujos). El enfoque exploratorio es el más apropiado para obtener una comprensión completa de la situación y ofrecer una base técnica imparcial para validar las mejoras propuestas. (Sampieri, 2014)

3.6 Recopilación de Datos

Según la OIT, (La Oficina Internacional del Trabajo), el estudio implica medir el trabajo registrando las tasas y los tiempos de trabajo relacionados a los componentes de una tarea en circunstancias específicas. Posteriormente, se analizan los datos para determinar cuánto tiempo tomará completar la actividad según un estándar de rendimiento predefinido. (Kanawaty, 1996, pág. 273)

La recopilación de datos es una etapa esencial en la aplicación de la Metodología de Análisis de Flujo de Procesos (AFP) para la mejorar procesos en una planta

metalmecánica con deficiencia en la caracterización de los procesos. Parte de este procedimiento es obtener información pertinente para comprender cómo se trabaja actualmente en la planta de producción. (Sampieri, 2014)

3.6.1 Mediciones en el sitio

Por medio de la observación y el estudio de tiempos exige material fundamental para la recolección de información como lo es: cronometraje en cada etapa del proceso de lámina, un tablero de observaciones, formularios de estudio de tiempos, utilizando herramientas de medición, ver (*Figura 8*) y *Anexo A*, se logran reunir datos importantes para plasmarlos en el software ProModel e ir validando la problemática encontrada.

De esta forma, se puede obtener información actualizada sobre el flujo de materiales, los tiempos de espera y la utilización del espacio tomando medidas en el sitio, (con el flexómetro y decámetro). Al identificar con precisión las actividades sin valor agregado y los obstáculos, estas métricas ayudan en el diseño de una redistribución nueva que agregue valor a la planta de producción. (Kanawaty, 1996, págs. 279, 280, 281).

Figura 8 Herramientas de medición



Fuente. Tomada de página Web (Cano, Herramientas necesarias para realizar un estudio de tiempos, 2023)

3.6.2 Entrevistas, Encuestas y Formularios para estudio de movimientos

Según Muguira (2025), indica que el instrumento debe ser usado teniendo un objetivo claro de manera que al realizar la encuesta se elabore las preguntas claras y concisas, preferiblemente cerradas con opción múltiple para facilitar el análisis estadístico y que el encuestado se sienta confiado, asegurando su anonimidad. En cuanto a la entrevista es otro instrumento donde se puede profundizar en temas específicos obteniendo información cualitativa detallada. Ver (Anexo A).

Así mismo, Sampieri (2014), “Los métodos mixtos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio”. (pág 534)

Las entrevistas con operadores o técnicos, personal de mantenimiento, personal de operaciones y aun los gerentes, dará una oportunidad de descubrir razones de ineficiencias que no son evidentes a partir de los datos numéricos, condiciones de trabajo o cooperación entre áreas. Se realiza la siguiente encuesta, ver (*Tabla 1*), con preguntas cerradas de manera que los técnicos respondan de manera espontánea y sin temores, por este motivo no se coloca nombre del encuestado. (págs. 218, 219).

Aunque es posible anotar información en hojas en blanco, resulta más conveniente utilizar formularios impresos que sigan un formato uniforme y puedan guardarse en archivos de fácil acceso para su posterior consulta. Además, los formularios impresos requieren un enfoque específico para garantizar que no se omitan detalles importantes. En resumen, requiere un enfoque particular para evitar la omisión de información crucial. (Kanawaty, 1996, pág. 278) (Anexo A).

Tabla 1 **Encuesta dirigida a trabajadores de una planta metalmecánica.**

UMNG CARRERA INGENIERIA INDUSTRIAL ENCUESTA DIRIGIDA A TRABAJADORES DE LA PLANTA METALMECANICA					
Objetivo: Realizar un Diagnostico del proceso de Lamina					
Instrucciones: Señale con una X la respuesta que usted crea conveniente					
Nombre - Opcional	Edad:	Cargo:	Fecha:	Maquina:	Banco de trabajo:
Preguntas:					
1. ¿La materia prima, láminas, estan almacenadas muy lejos de las maquinas de plasma y oxicorte?					
Si					
No					
2. ¿Hay exceso de movimientos en el área de lámina?					
Si					
No					

Fuente. Elaboración propia

3.7 Métodos de análisis de datos

El análisis hace referencia a los recursos o métodos empleados para interpretar, examinar y extraer conclusiones de los datos obtenidos durante una investigación. Con el estudio de tiempos y movimientos, análisis diagramas de flujo, análisis de la operación, simulación en software ProModel, nos llevara de los general a lo específico. (Salazar López, 2019)

Como dice Kanawaty (1996), en el estudio de métodos, lo primero que hay que hacer en el estudio de tiempos es seleccionar el trabajo que se va a estudiar. La selección rara vez se hace sin un motivo preciso, que de por si obliga a elegir determinada tarea;

por ejemplo:

- 1) Novedad de la tarea, no ejecutada anteriormente (cuando son nuevos el producto, el componente, la operación o la serie de actividades);
- 2) Cambio de material o de método, que requiere un nuevo análisis de tiempo;
- 3) Quejas de los trabajadores o de sus representantes sobre el tiempo de

- una operación;
- 4) Demoras causadas por una operación lenta, que retrasa las siguientes, y posiblemente las anteriores, por acumularse los trabajos que no siguen su curso;
- 5) Fijación de tiempos antes de implantar un sistema de remuneración por rendimiento;
- 6) Bajo rendimiento o excesivos tiempos muertos de alguna máquina o grupo de máquinas, (pág. 289).

3.7.1 Estudio de Tiempos y Movimientos

Esta herramienta implica rastrear y evaluar cuánto tiempo toman varias tareas, así como los movimientos necesarios para finalizarlas. (Sampieri, 2014)

Sin embargo, Bello et al. (2020) concluyeron que el estudio de tiempos y movimientos es “una de las técnicas más utilizadas para superar deficiencias y elevar la productividad de los trabajadores es el estudio del trabajo, definido como el examen sistemático de los métodos para realizar actividades con el fin de mejorar la utilización eficaz de los recursos y de establecer normas de rendimiento con respecto a las actividades que se están realizando, tuvo sus orígenes a principios del siglo XX, con los trabajos realizados por Frederick W. Taylor y continuados unos años después por los esposos Gilbreth”.

Según Kanawaty (1996), el estudio del trabajo, ver (*Tabla 2*), es el examen sistemático de los métodos para realizar actividades con el fin de mejorar la utilización eficaz de los

recursos y de establecer normas de rendimiento con respecto a las actividades que se están realizando. (Pág. 9) *Ver Anexo (A)*.

Un método ineficiente para el traslado innecesario de personas o materiales puede resultar en tiempos muertos y un aumento en los costos operativos. Además, los

retrasos pueden ser causados por métodos inadecuados, un manejo deficiente de equipos o materiales que producen fallas constantes, o una gestión deficiente del inventario que provoca demoras en la producción de productos o componentes. Esto resultaría en mayores gastos debido a la acumulación excesiva de materiales.. (Pág. 12)

Tabla 2 Estudio de toma de tiempos proceso lamina

ESTUDIO DE TOMA DE TIEMPOS PROCESO LAMINA-MAQUINAS DE PLASMA Y OXICORTE									
Materia Prima	Cortada	Sin Cortar	Descripcion del Desplazamiento de la Materia Prima	Nombre del Operario	Transporte	Tiempo de Espera para Tomar el Transporte en Minutos	Tiempo de Traslado de Materia Prima en Minutos	Distancia de Traslado Materia Prima en Metros	Tiempo Observado en Minutos

Fuente. Elaboración Propia, basado en los formularios (Kanawaty, 1996).

3.7.2 Análisis de Diagrama de Flujo

Los diagramas de flujo muestran los pasos o etapas de los procesos junto con el orden y las rutas tomadas por los distintos procesos. El diagrama de flujo ayuda a localizar cuellos de botella, movimientos innecesarios en el marco de las AFP. Le permite reorganizar las áreas de trabajo y optimizar el proceso al comprender el flujo general de actividades. (Muther, 1970, pág. 51)

3.7.3 Análisis de la operación

Utilizando la Metodología de Análisis de Flujo de Procesos (AFP), el análisis operativo de un proyecto de optimización de una planta metalmecánica implica un examen exhaustivo del flujo de trabajo, la utilización de recursos y la eficiencia en cada etapa de producción. Encontrar oportunidades de mejora, reducir el tiempo de inactividad, deshacerse de tareas que no añaden valor y aprovechar al máximo el

espacio y los recursos disponibles son los objetivos de este análisis.

Se puede identificar problemas y oportunidades potenciales para mejorar la planta analizando la operación. Estos resultados se pueden utilizar para desarrollar e implementar modificaciones particulares en los tiempos de producción, el flujo de materiales y la distribución del espacio en un esfuerzo por mejorar la eficiencia general de la planta. Además, al simplificar el seguimiento de los resultados de cada modificación, este análisis permite modificaciones continuas y garantiza que los objetivos de optimización se cumplan de manera sostenible. (Stephens, 2005, pág. 124)

3.7.4 Herramientas

Se usará el Software Visio de Microsoft, ProModel Y Lucid chart para:

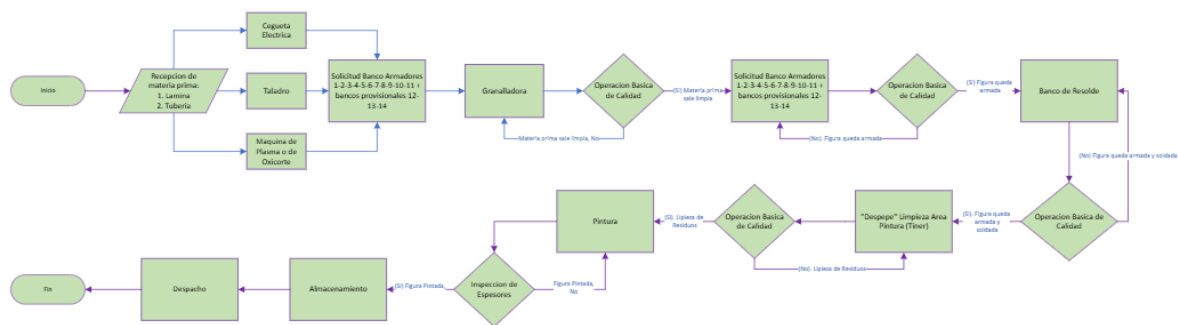
- **La realización de Diagramas de flujo:** a) Permitir una representación clara y esquemática del proceso de producción. b) Identificación de procesos de trabajo, entradas y salidas, actividades, decisiones y flujos de trabajo. c) Es más sencillo detectar errores e identificar áreas con potencial de mejora. (Cesias, 2021)
- **Identificar los cuellos de botella:** a) Se examinan los puntos críticos donde la eficiencia del proceso disminuye y en áreas clave donde se ralentiza el flujo de trabajo. b) Se analizan las capacidades y tiempos de procesamiento de cada estación de trabajo. (Lemay, 2021)
- **Documentar y analizar los procesos:** a) Permite entender cómo funciona la instalación en la actualidad. b) Se identifican pasos que son innecesarios o redundantes en el proceso. c) Proporcionar una base para evaluar mejoras y respaldar las modificaciones en la producción. (Ávila, Evaluación y mejora de la distribución en

planta del área de producción de una empresa metalmecánica de la ciudad de Guayaquil, 2021).

- **Diseño de planta actual:** a) La planificación de distribución de puestos de trabajo, máquinas y espacios de almacenamiento. b) Se analiza el diseño para evaluar la eficiencia del desplazamiento de los operarios y materiales. c) Se detecta áreas que no se utilizan completamente. (Febres, 2010) Se aplica la metodología de análisis de flujo AFP y se construye el diagrama de flujo de la planta metalmecánica de todos sus procesos para tener una visualización general del proceso. Ver (Figura 9).

Diagrama de flujo planta metalmecánica actualmente.

Figura 9 Diagrama de flujo planta actual



Fuente. Elaboración propia

- **Simular en ProModel proceso de lámina actual y el nuevo Layout del proceso incluida la mejora propuesta:** Según García et al. (2013) a) Simular distintas situaciones utilizando varias configuraciones e imitar de forma digital el flujo de trabajo actual. b) Se consideran que abarcan la eficiencia en el trabajo realizado y la gestión de recursos junto con el tiempo requerido para completar las tareas. c) El rendimiento del diseño actual se compara con la mejora sugerida en el nuevo diseño. Se puede llevar a cabo pruebas sin afectar la producción real.

3.8 Métodos de distribución de Planta o Layout

3.8.1 Balanceo de líneas.

Con este planteamiento, se equilibran las horas de trabajo de las distintas estaciones de la línea de fabricación. Cada estación funciona con la misma cantidad de trabajo en un ciclo cuando las tareas se distribuyen equitativamente, evitando los cuellos de botella. Por ejemplo, el equilibrado de líneas se ha implantado en las operaciones de Ford y Toyota, aumentando enormemente la productividad y reduciendo los plazos de entrega. Al minimizar el tiempo de inactividad entre estaciones de trabajo, esta técnica -esencial para la fabricación ajustada- permite reducir costes y maximizar la producción. (Cano, cronometras.com, s.f.)

3.8.2 Distribución en Planta por SLP (Systematic Layout Planning).

Es una técnica creada por Richard Muther que ordena estratégicamente los componentes de una planta de producción para aumentar la eficiencia. Al asegurarse de que cada actividad y recurso se coloca de acuerdo con su relación funcional dentro del proceso de producción, este método pretende optimizar la disposición física de las áreas de trabajo, los equipos y los suministros. Al organizar los espacios de acuerdo con el orden y la frecuencia de las operaciones, el SLP pretende reducir los tiempos de traslado y el flujo de materiales. Su objetivo principal es aprovechar mejor el espacio disponible y reducir el tiempo y los gastos relacionados con el transporte innecesario de material. (Grumeber, 2020)

3.8.3 Principios de Distribución en Planta.

La «integración total», cuyo objetivo es que todos los recursos y actividades estén situados lógicamente para lograr una eficiencia global, es otro de los principios de Muther. Los movimientos de material entre fases se minimizan con la idea de la

«distancia mínima recorrida». Además, el «flujo de materiales» hace posible que la disposición de la planta se ajuste a la secuencia del proceso de producción, lo que maximiza la utilización del espacio y reduce los costos de operación. (Muther, 1970).

3.9 Simulación en ProModel

La herramienta ProModel es un recurso potente para el análisis de procesos y la optimización en entornos de producción como la sección de lámina en una fábrica metalmecánica. Este software permite identificar inefficiencias y validar cambios antes de implementarlos físicamente al modelar y evaluar situaciones reales de producción. Es especialmente útil cuando se trata de analizar procesos, tiempos de espera, duración de trayectos y uso de recursos.

Según Garcia Dunna et al. (2013), El utilizar este software nos ayudara a determinar el cuello de botella que actualmente presenta el proceso de lámina en la actual planta metalmecánica. Las estadísticas y mediciones que nos arroja ProModel nos darán las pautas para realizar los movimientos adecuados en el proceso de producción de la lámina y dar la solución a corto plazo del problema que antecede. (págs. 9, 10).

Capítulo 4

4. Resultados

4.1 Diagnóstico inicial de la planta metalmecánica.

Las plantas metalmecánicas en nuestro país han venido en crecimiento de una manera exponencial y una de ellas ubicada en Bogotá con una trayectoria de más de cinco décadas, ha demostrado que es necesario validar sus procesos de manera urgente con el fin de lograr ajustar lo que sea necesario para apuntar a sus metas y objetivos planeados a corto, mediano y largo plazo. Se planea una visita de manera que se logre identificar el flujo de trabajo actual mediante la observación, mapeo del proceso, toma de tiempos, entrevistas y recolección de información. Estando en el sitio donde se encuentra la planta metalmecánica llevando todos los recursos para el análisis y toma de información, se evidencia que no tienen ninguna caracterización de los dos procesos principales denominados tubería y laminado, creando la primera necesidad que nos lleva a determinar el alcance que tendremos en esta investigación. (Únicamente nos suministran un mapa de procesos), Ver (*Figura 11*). Por medio de la metodología de análisis de flujo de proceso AFP se llevará a cabo la recolección de información de los procesos en general para poder llegar al objetivo que es rediseñar la planta en el proceso de lámina en el sector sur de la planta metalmecánica.

Durante la observación y el análisis del proceso de producción, se identificaron ciertas deficiencias en la distribución de la planta metalmecánica:

- **Exceso de movimientos:** Los retrasos se debían a que la materia prima (lámina metálica) tenía que ser transportada innecesariamente desde el rack de almacenamiento de las láminas hasta la máquina de oxicorte o plasma, generando tiempos de espera prolongados.
- **Alto tiempo de inactividad:** La falta de sincronización entre el puente grúa,

camión brazo pluma, grúa brazo pluma y otros procesos fue lo que provocó los períodos de inactividad durante la transferencia de la materia prima, (lámina), hacia las máquinas de plasma y oxicorte.

- **Flujo de materiales ineficiente:** La manera en la que los bancos de trabajo y los equipos se organizan actualmente provoca obstáculos que disminuyen la eficiencia de producción.

Para lograr reunir la información completa nos desplazamos en varias ocasiones a la planta metalmecánica de manera que los supervisores, jefes de área de mantenimiento, de operaciones, calidad, nos facilitaran la información, adecuada para la construcción de la solución al problema que la planta de producción está presentando actualmente.

4.1.1 Recolección de datos: encuestas, entrevistas, formularios de toma de tiempos.

Para comprender como el personal percibe los problemas de distribución actual se llevaron a cabo encuestas y entrevistas tanto a operadores como a supervisores y se realizaron mediciones en el lugar de trabajo. Los resultados indicaron que el 33% del personal considera que los desplazamientos internos afectan la eficiencia, mientras que un 67% señala que el almacenamiento inadecuado de materiales es un factor crítico. Ver (Anexo A).

- Se solicita al área de mantenimiento y operaciones de la planta datos de las máquinas de plasma y oxicorte para poder investigar sobre su comportamiento de manera que se pueda identificar los tiempos de corte de las láminas, ver (*Figura 10*). El ingeniero de mantenimiento es quien acompaña todo el recorrido de la planta enfatizando que las máquinas de plasma y oxicorte no pueden moverse del lugar donde están, debido a que ya tienen establecido el sistema eléctrico en esta área y se maneja un amperaje

muy diferente a las demás maquinas que existen. Esta información es valiosa a la hora de realizar la nueva distribución del area del proceso de lámina.

Figura 10 Máquina de plasma y oxicorte.



Fuente. (mortemecanizado, 2024)

- El area de calidad suministra la caracterización existente del proceso actual, lo que conlleva a realizar una investigación más exhaustiva para poder tener todos los datos necesarios como: Medidas del area de la planta, ver (Figura 12), de las maquinas, de los bancos, ver (Tabla 3), tiempos, flujo de material, el flujo del proceso de lámina, ubicación de los bancos del area sur, maquinas que hay en esta area, revisar el almacenamiento de las láminas y el lugar donde se encuentran. Ver (Figura 2). Adicionalmente fue necesario verificar el flujo de transporte del material. Entre ellos están carretas para el transporte de las láminas pequeñas, puente grúa, camión brazo pluma, grúa brazo pluma. (Sampieri, 2014, pág. 198).

Figura 11 Mapa de procesos de la planta Actualmente.



Fuente. Mapa suministrado por la empresa.

Figura 12 Area construida empresa metalmecánica

AREA CONSTRUIDA:	
* Zona Limpieza:	216,0 M2
* Bodega 1 :	1394,0 M2
* Bodega 2 :	1055,0 M2
* Tronzadora:	95,0 M2
* Almacen:	288,0 M2
* Casino, Vestier, Salón	170,0 M2
* Oficinas:	520,0 M2
* Casetas Vigilancia	20,0 M2
* Parqueadero	154,4 M2
Total:	3912,4 M2

Fuente. Suministrado por la empresa metalmecánica

Tabla 3 Índice de ocupación de espacio de toda la planta de producción

INDICE DE OCUPACION DE ESPACIO			
Área/Equipo	Área Total Disponible (m²)	Area Largo x Ancho (m)	Área Ocupada (m²)
Máquina Plasma 1	3912.4	13.9 x 3.0	41.07
Máquina Plasma 2	3912.4	13.9 x 3.0	41.07
Granalladora	3912.4	23.26 x 4.73	110.02
Area Resolde 1	3912.4	15.28 x 4.66	71.2
Area Resolde 2	3912.4	15.28 x 4.66	71.2
Banco 1	3912.4	10.51 x 4.5	47.3
Banco 2	3912.4	4.77 x 4.5	21.47
Banco 3	3912.4	10.41 x 4.83	50.28
Banco 4	3912.4	10.77 x 4.57	49.22
Banco 5	3912.4	14.67 x 4.73	69.38
Banco 6	3912.4	11.58 x 4.57	52.92
Banco 7	3912.4	9.46 x 5.90	55.81
Banco 8	3912.4	13 x 4.95	64.35
Banco 9	3912.4	13.6 x 4.95	67.32
Banco 10	3912.4	12 x 4.4	52.8
Banco 11	3912.4	6.43 x 4.04	25.98
Banco 12 Provisional	3912.4	13.6 x 4.95	67.32
Banco 13 Provisional	3912.4	13.6 x 4.95	67.32
Banco 14 Provisional	3912.4	13.6 x 4.95	49.22

Fuente. Elaboración propia.

4.1.2 Estudio del área del proceso de lámina y su distribución.

Se logra encontrar un área subutilizada en el ala sur de la planta metalmecánica donde se encuentra el proceso de lámina, generando poco valor a la producción, midiendo 80.52 m², ver (*Figura 14*). Esta área mide un poco más que los bancos 10 y 11, ver (*Figura 13*), donde ambos miden un total de 78.78 m² menor que el área subutilizada.

Esta área subutilizada se logra evidenciar aplicando la metodología de análisis de flujo de procesos AFP, presentando a la empresa una solución en corto plazo para aumentar su capacidad de productividad. Para poder tener una visión más global se toma las medidas de los bancos del área y de las máquinas. Ver (*Tabla 3*).

Figura 13 Bancos 10 y 11.



Fuente. Elaboración propia

Figura 14 Área subutilizada



Fuente. Elaboración Propia

4.1.3 Tiempos de inactividad en el proceso de lámina, Transporte.

Según Kanawaty (1996), el estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas, para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida. (pág. 273).

- **Tiempo de Inactividad**

Durante el periodo en que las máquinas u ordenadores se encuentran sin actividad o tiempos de espera, debido a situaciones como averías técnicas, tareas de mantenimiento o cuellos de botella.

Un diseño de planta eficiente debe minimizar los períodos de tiempo en los que no se está produciendo nada de valor añadido, identificando así áreas críticas y mejorando la eficiencia en el uso de los recursos disponibles.

$$\text{Fórmula: } \textit{Tiempo de inactividad} = \frac{\text{Tiempo de Inactividad Total}}{\text{Tiempo Total Disponible}} \times 100\%$$

(Groover, 2015)

Se toman y calculan los tiempos del desplazamiento de las láminas desde los racks 1y2 hasta las Maquinas de Plasma y oxicorte 1y2. Ver (Tabla 4).

Tabla 4 *Tiempo de Inactividad ala sur proceso Lámina*

TIEMPO DE INACTIVIDAD - ALA SUR PLANTA - PROCESO LAMINA				
Área/Equipo	Turno de Trabajo (horas)	Tiempos Evitables (horas)	Tiempos Inevitables (horas)	% Tiempo de Inactividad Total en Turno
Máquina Plasma 1	8	1	0	12.50
Máquina Plasma 2	8	0.83	0	10.38
Area Resolde 2	8	0	0	0.00
Banco 8	8	0	0	0.00
Banco 9	8	0	0	0.00
Banco 10	8	0.06	0	0.75
Banco 11	8	0.06	0	0.75

Fuente. Elaboración propia

En la anterior tabla, ver (*Tabla 4*), podemos evidenciar que el area de lámina presenta un tiempo de espera durante el turno ocasionando un cuello de botella en la producción, es importante resaltar que al aplicar la metodología de Análisis de flujo AFP en esta investigación me dio las bases para poder identificar la falencia, que por medio de la observación y realizando el diagrama de flujo, queda en evidencia el proceso ya que tiene un exceso de movimiento cuando se puede evitar realizando un cambio de posiciones de los bancos en esta ala sur de la planta, esto lo vamos a poder ver en la toma de medidas en el siguiente indicador que viene a continuación.

- **Maquina 1** de plasma u oxicorte tuvo un tiempo de espera 30 minutos para que el camión brazo pluma o la grúa brazo pluma estuvieran disponibles para realizar el desplazamiento de la lámina del Rack 1 a dicha máquina.
- **Maquina 2** de plasma u oxicorte tuvo un tiempo de espera de 35 minutos para que el puente grúa 1 estuviera disponible para mover las láminas cortadas del anterior proceso de corte al area de espera y posteriormente tiene otro tiempo de espera de 25 minutos para que el puente grúa 2 estuviera disponible y lograr desplazar la lámina del Rack 2 a dicha máquina para un tiempo total de 1 hora de tiempo de inactividad.
- **Area de Resolde**, este banco tuvo un tiempo de espera de 30 minutos mientras la grúa 2 quedaba disponible en el traslado de las láminas al area de granallado. En este traslado se debe tener en cuenta que la grúa 2 del area sur de la planta coloca las láminas de un peso superior a 30 kg en el carrito de traslado para pasarlo al ala norte de la planta y allí el puente grúa de esta area desplaza las láminas hasta la máquina de granallado.

- **Ocupación del Espacio**

Ver (*Tabla 5*), el porcentaje de espacio utilizado en relación con el espacio total

disponible.

Este análisis nos ayuda a determinar si el diseño de la planta está utilizando eficientemente el espacio disponible. Un índice bajo puede señalar zonas poco utilizadas, mientras que un índice elevado podría implicar una sobrecarga y potenciales riesgos para la seguridad.

$$\textbf{Formula: } \textit{Indice de ocupacion del Espacio} = \frac{\textit{Area ocupada}}{\textit{Area Total Disponible}} \times 100\%$$

Por medio de la metodología de análisis de flujo AFP podemos identificar que el ala sur presenta un área subutilizada y al realizar la toma de medidas en el proceso de lámina encontramos que la medida de los bancos 10 y 11 mide 78.78 m², menos que el área subutilizada la cual mide 80.50 m², ver (*Figura 14*). Se propone realizar un cambio de estos bancos a esta área quedando disponible el espacio de los bancos que están al lado de las máquinas de plasma 1 y 2, para poder colocar un Rack de almacenamiento de láminas de manera que se pueda evitar el exceso de movimientos, tiempos de espera, cuello de botella y aprovechar el espacio que no está generando valor a la planta de producción, potencializándola de una manera que se ahorra tiempo, dinero, evitando riesgos de accidentalidad, ver (*Figuras 33 y 34*). (Groover, 2015)

Se puede confirmar que la metodología AFP está logrando los objetivos previstos y estos análisis indican que las mejoras son las más apropiadas para el proceso de lámina y para la planta de producción generando aspectos positivos como el poder aplicar esta metodología en los demás procesos para lograr darle más capacidad operativa a nivel general ya que se está liberando recursos valiosos como lo son el transporte interno en esta área investigada. Adicional a esto los técnicos operarios manifiestan que los análisis que hemos hecho y realizar un nuevo planteamiento esto les reduce cualquier fatiga que estaban obteniendo y lograr continuar con su proceso

de manera que todos sus movimientos logren armonía en toda su area en especial en esta ala sur donde se encuentran.

Tabla 5 *Índice de ocupación de espacio*

INDICE DE OCUPACION DE ESPACIO				
Área/Equipo	Área Total Disponible (m²)	Area Largo x Ancho (m)	Área Ocupada (m²)	% Índice Ocupación del Espacio
Máquina Plasma 1	3912.4	13.9 x 3.0	41.07	1.05%
Máquina Plasma 2	3912.4	13.9 x 3.0	41.07	1.05%
Area Resolde 2	3912.4	15.28 x 4.66	71.2	1.82%
Banco 8	3912.4	13 x 4.95	64.35	1.64%
Banco 9	3912.4	13.6 x 4.95	67.32	1.72%
Banco 10	3912.4	12 x 4.4	52.8	1.35%
Banco 11	3912.4	6.43 x 4.04	25.98	0.66%

Fuente: Elaboración propia

Se inicia tomando los tiempos de transporte, Ver (Tabla 6), se evidencia que para poder transportar las láminas del Rack 2 a la Maquinas 2 hay un tiempo de espera por parte del técnico para desplazarlas porque los puentes grúa están sosteniendo alguna figura o pieza en algún banco de armado. En el caso del transporte de la lámina a la Maquina 1, el camión brazo pluma o la grúa brazo pluma se evidencia que ambos transportes están ocupados subiendo una pieza terminada en el área de despacho y esto ocasiona un tiempo de espera generando retrasos en la operación.

Tabla 6 Estudio de toma de tiempos proceso lámina

ESTUDIO DE TOMA DE TIEMPOS PROCESO LAMINA-MAQUINAS DE PLASMA Y OXICORTE									
Materia Prima	Cortada	Sin Cortar	Descripcion del Desplazamiento de la Materia Prima	Nombre del Operario	Transporte	Tiempo de Espera para Tomar el Transporte en Minutos	Tiempo de Traslado de Materia Prima en Minutos	Distancia de Traslado Materia Prima en Metros	Tiempo Observado en Minutos
Lámina		X	Rack 1 a Maquina 1	Juan Parra	Camion Brazo ó Grúa Pluma	60	12	28	72
Lámina		X	Rack 2 a Maquina 2	Alexander Prieto	Puente Grúa 2	50	9	54	59

Fuente. Elaboración propia, Fuente. Elaboración Propia, basado en los formularios (Kanawaty, 1996).

4.2 Análisis de flujo de proceso AFP en la empresa metalmecánica.

A través de la metodología de Análisis de flujo de procesos AFP se desarrolló la investigación de manera que se logra el objetivo de poder identificar el problema, proceso de lámina, llevando a proponer la mejora a la situación actual que la empresa metalmecánica está presentando en su proceso de producción. Vamos a conocer a continuación como se logra paso a paso aplicando esta metodología AFP.

4.2.1 Objetivo del Análisis

El propósito de este análisis es evaluar la eficacia del flujo de trabajo en la planta metalmecánica mediante la identificación de problemáticas como cuellos de botella, tiempos de espera innecesarios, exceso de movimientos y validar áreas subutilizadas. Se pretende evaluar el funcionamiento del flujo de trabajo en la planta metalmecánica identificando situaciones de congestión y demoras en el proceso productivo. A partir de estos hallazgos se plantean propuestas para rediseñar la distribución de las instalaciones en un sector en específico, área de lámina, y se propone una nueva distribución para optimizar el tiempo, recursos de transporte y aumentar la eficiencia en tareas productivas.

4.2.2 Descripción del Proceso

A continuación, se describe el proceso de lámina en la planta metalmecánica luego de haber aplicado la metodología análisis de flujo AFP.

Máquina de plasma u oxicorte 1. Ver (Figura 15).

- a) **Inicio:** Recepción de materia prima: es transportada en un tracto camión por la magnitud de longitud y peso de la lámina de acero, posteriormente bajarla con la grúa brazo pluma o por el camión brazo pluma en el área o Rack 1 de descargue de láminas con un peso superior a 4 toneladas, este se encuentra a 28 metros de los rodillos de la máquina de plasma u oxicorte 1. (Ya estando almacenada la lámina es porque ya quedo habilitada para que en cualquier momento pueda pasar a su proceso de corte dando el aval el área de almacén).
- b) Rack lámina de 4 toneladas en adelante.
- c) Técnico de Maquina 1 de plasma u oxicorte, solicita al Operario de la Grúa Pluma o Camión brazo pluma mover la lámina a los rodillos de la Maquina de Plasma 1.
- d) Llega a la Maquina de Plasma 1. Programada (CNC).
- e) Realiza corte de lámina según proyecto.
- f) Técnico Maquina de Plasma baja laminas cortadas, pequeñas, al área de espera que está a 3 metros.
- g) Técnico máquina de plasma busca puente grúa para mover laminas grandes.
- h) Técnico granalladora lleva varias láminas grandes, peso superior a los 50 kilogramos, en puente grúa al proceso de limpieza. Láminas menores a este peso lo trasladan en un carrito.

- i) Material es revisado por personal de calidad luego de salir la materia prima por la granalladora, técnico de armado recoge material para llevar a su banco siempre y cuando haya salido limpia la materia prima para continuar su proceso, en este caso el armado.
- j) Si la figura esta armada es verificada por supervisor de armado y por personal de calidad para luego pasar al banco de Resolde.
- k) Del banco de Resolde es inspeccionada la figura por supervisor de armado y personal de calidad para poder pasar al área de pintura para ser limpiada, esta parte se llama despepe, su limpieza es realizada con tiner.
- l) En el despepe, es revisada la figura o pieza por parte de personal de calidad para poder pasar a pintura.
- m) En el área de pintura es verificada la figura o pieza para ubicarla en el área de almacenamiento o en su defecto directamente al despacho para ser trasladada en un tracto camión al cliente final. **Fin.**

Máquina de plasma u oxicorte 2. Ver (Figura 17).

- a) **Inicio:** Recepción de materia prima: es transportada en un tracto camión por la magnitud de longitud y peso de la lámina de acero, posteriormente bajarla con la grúa brazo pluma o por el camión brazo pluma en el área de descargue donde se encuentra el Rack 2 de láminas con un peso menor a 4 toneladas, para desplazarlas desde ese sector hacia la máquina de plasma u oxicorte 2 que se encuentra a 54 metros. (Ya estando almacenada la lámina es porque ya quedo habilitada para que en cualquier momento pueda pasar a su proceso de corte dando el aval el área de almacén).

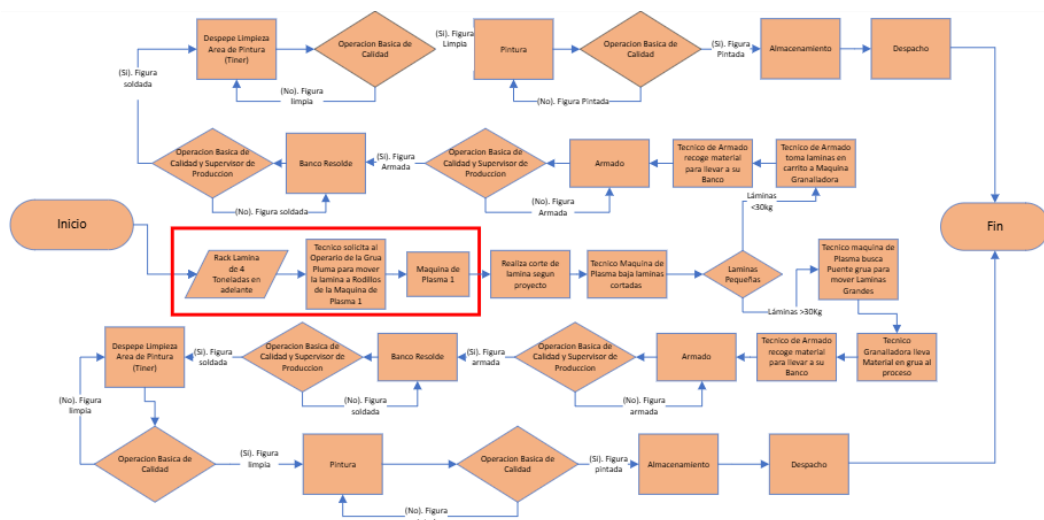
- b) Rack de lámina menor a 4 toneladas.
- c) Técnico de Maquina 2 de plasma u oxicorte se dirige a validar si los puentes grúa 1 y 2 están desocupados.
- d) Llega a la Maquina de Plasma u oxicorte 2. Programada (CNC).
- e) Realiza corte de lámina según proyecto.
- f) Técnico Maquina de Plasma baja laminas cortadas, pequeñas, al área de espera que está a 3 metros.
- g) Técnico máquina de plasma busca puente grúa para mover laminas grandes.
- h) Técnico granalladora lleva varias láminas grandes, peso superior a los 50 kilogramos, en puente grúa al proceso de limpieza. Láminas menores a este peso lo trasladan en un carrito.
- i) Material es revisado por personal de calidad luego de salir la materia prima por la granalladora, técnico de armado recoge material para llevar a su banco siempre y cuando haya salido limpia la materia prima para continuar su proceso, en este caso el armado.
- j) Si la figura esta armada es verificada por supervisor de armado y por personal de calidad para luego pasar al banco de Resolde.
- k) Del banco de Resolde es inspeccionada la figura por supervisor de armado y personal de calidad para poder pasar al área de pintura para ser limpiada, esta parte se llama despepe, su limpieza es realizada con tiner.
- l) En el despepe, es revisada la figura o pieza por parte de personal de calidad para poder pasar a pintura.

m) En el área de pintura es verificada la figura o pieza para ubicarla en el área de almacenamiento o en su defecto directamente al despacho para ser trasladada en un tracto camión al cliente final. **Fin.**

4.2.3 Diagrama de flujo proceso lámina Máquina plasma u oxicorte 1

En el momento de realizar los diagramas de flujo, se puede identificar que el proceso presenta varios cuellos de botella por exceso de movimientos y tiempos de espera, la materia prima se encuentra muy lejos de las máquinas y afuera del área de producción. Ver (Figura 15), en el recuadro rojo se puede observar las partes del proceso donde se identifica cuellos de botella por exceso de movimiento y tiempos de espera para el transporte de la lámina hacia la Máquina 1.

Figura 15 Proceso de lámina de la Máquina de Plasma u Oxicorte 1



Fuente. Elaboración propia

En la figura 16 se identifica el lugar donde se encuentra el Rack 1 de almacenamiento de láminas para las Máquina 1 de Plasma y oxicorte.

Figura 16 Ubicación Rack 1 de Laminas Actualmente



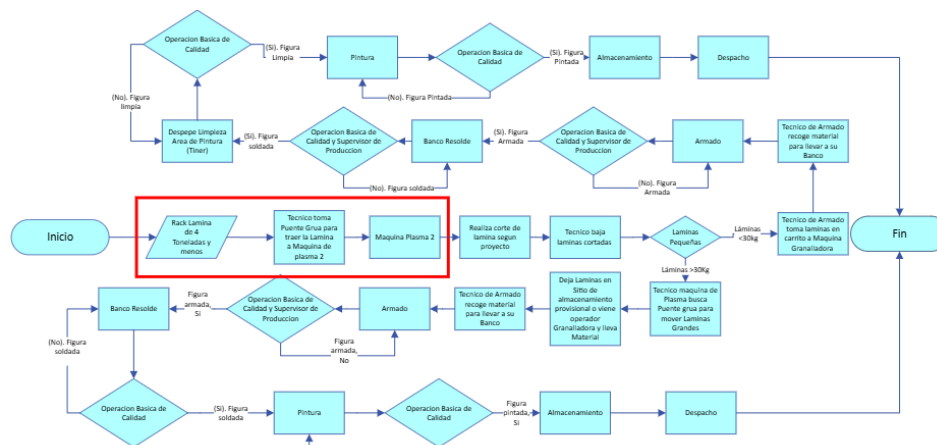
Fuente.. Elaboración propia.

4.2.4 Diagrama de flujo proceso lámina Máquina plasma u oxicorte 2

Se realiza una toma de datos para elaborar el diagrama de flujo de la maquina 2 y se puede identificar una problemática similar del transporte de la maquina 1, presenta cuello de botella por exceso de movimientos, tiempos de espera, materia prima muy lejos de las máquinas y afuera del área de producción. En el recuadro rojo se puede observar las partes del proceso donde se identifica cuello de botella. Ver (Figura 17).

En la (Figura 18), se identifica el lugar donde se encuentra el Rack 2 de almacenamiento de láminas para la Máquina 2 de Plasma y oxicorte.

Figura 17 Proceso de lámina de la Máquina de Plasma u Oxicorte 2.



Fuente. Elaboración propia

Figura 18 Ubicación Rack 2 de Laminas Actualmente



Fuente. Elaboración propia.

4.2.5 Análisis de flujo de trabajo

Los elementos y pasos del proceso se representaron a través de diagramas de flujo.

Las principales conclusiones fueron las siguientes:

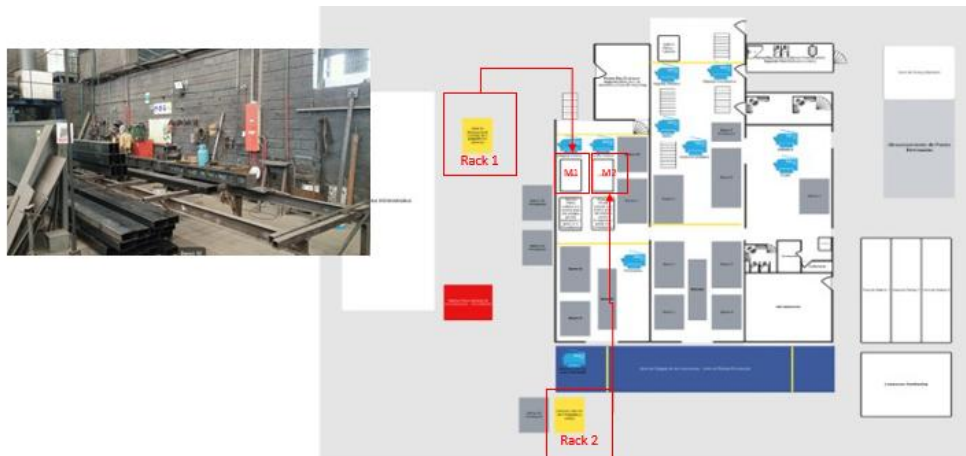
- **Movimientos innecesarios:** Se detectó un alto número de traslados de materiales debido a la mala ubicación de áreas de trabajo.
- **Tiempos de espera elevados:** Se identificaron demoras en el transporte de materia prima a las máquinas de corte.
- **Distribución de la planta:** El area del proceso de lámina tiene un area subutilizada que no está generando valor. Adicional los racks de almacenamiento de las láminas están por fuera del area de producción.

4.2.6 Evaluación de Eficiencia

Estudio de Tiempos y Movimientos

- El tiempo promedio de transporte de materiales representa el **40% del tiempo total del proceso de lámina**. Ver (Figura 19).
- Se identificó que el **32% del tiempo de los operarios se pierde en esperas por disponibilidad de equipos de transporte o materiales**.

Figura 19 Racks de almacenamiento de láminas por fuera del área de producción



Fuente. Elaboración propia.

4.2.8 Comparación entre el estado actual y propuesto

En la (Tabla 7)) encontramos que los Racks 1y2 están muy lejos de las Maquinas de Plasma y Oxicorte 1y2. A lo largo de nuestra investigación identificamos por medio del Análisis AFP un espacio subutilizado en el proceso de lámina, (Figura 14).

Se propone en la (Figura 34) el diseño de mejora dando solución a la problemática de este sector de la planta de producción, liberando recursos valiosos para la operación.

4.2.9 Análisis de impacto y viabilidad

La metodología AFP fue fundamental para poder encontrar el estado actual de la planta metalmecánica, los diagramas de flujo nos dieron un rumbo para determinar la problemática del area de lámina y por el mismo método de diagramas de flujo poder

dar una propuesta de manera que la planta de producción pueda ser competitiva y proyectarse de una manera muy diferente a corto, mediano y largo plazo.

4.2.10 Validación de Tiempos inactividad y el índice de ocupación.

- **Tiempo total del proceso (antes vs. después).** Ver (Tabla 7).

$$\text{Fórmula: } \textit{Tiempo de inactividad} = \frac{\text{Tiempo de Inactividad Total}}{\text{Tiempo Total Disponible}} \times 100\%$$

- ✓ Tiempo de desplazamiento de Lamina de Rack 1 hasta la Maquina 1: 60 minutos de espera (Grúa brazo pluma y camión brazo pluma ocupados)
- ✓ Tiempo de desplazamiento de Lamina de Rack 2 hasta la Maquina 2: 50 minutos de espera (Puente grúa 1y2 ocupados).

Tabla 7 *Tiempo de inactividad antes vs después*

TIEMPO DE INACTIVIDAD ANTES					TIEMPO DE INACTIVIDAD DESPUES				
Área/Equipo	Turno de Trabajo (horas)	Tiempos Evitables (horas)	Tiempos Inevitables (horas)	% Tiempo de Inactividad Total en Turno	Área/Equipo	Turno de Trabajo (horas)	Tiempos Evitables (horas)	Tiempos Inevitables (horas)	% Tiempo de Inactividad Total en Turno
Máquina Plasma 1	8	1	0	12.50	Máquina Plasma 1	8	0.28	0	3.50
Máquina Plasma 2	8	0.83	0	10.38	Máquina Plasma 2	8	0.25	0	3.13

Fuente. Elaboración Propia.

- **Formula:** *Indice de ocupacion del Espacio* =

$$\frac{\text{Area ocupada}}{\text{Area Total Disponible}} \times 100\%$$

Toma de medidas en el proceso de lámina encontramos que la medida de los bancos 10 y 11 mide 78.78 m2, menos que el area subutilizada la cual mide 80.50 m2. Ver (Tabla 8).

Tabla 8 Medidas bancos 10 y 11

TIEMPO DE INACTIVIDAD - INDICE DE OCUPACION DE ESPACIO					
Área/Equipo	Área Total Disponible (m²)	Area Largo x Ancho (m)	Área Ocupada (m²)	% Ocupación del Espacio	Comentarios
Banco 10	3912.4	12 x 4.4	52.8	1.35%	Espacio para Rack de Laminas
Banco 11	3912.4	6.43 x 4.04	25.98	0.66%	Espacio para Rack de Laminas

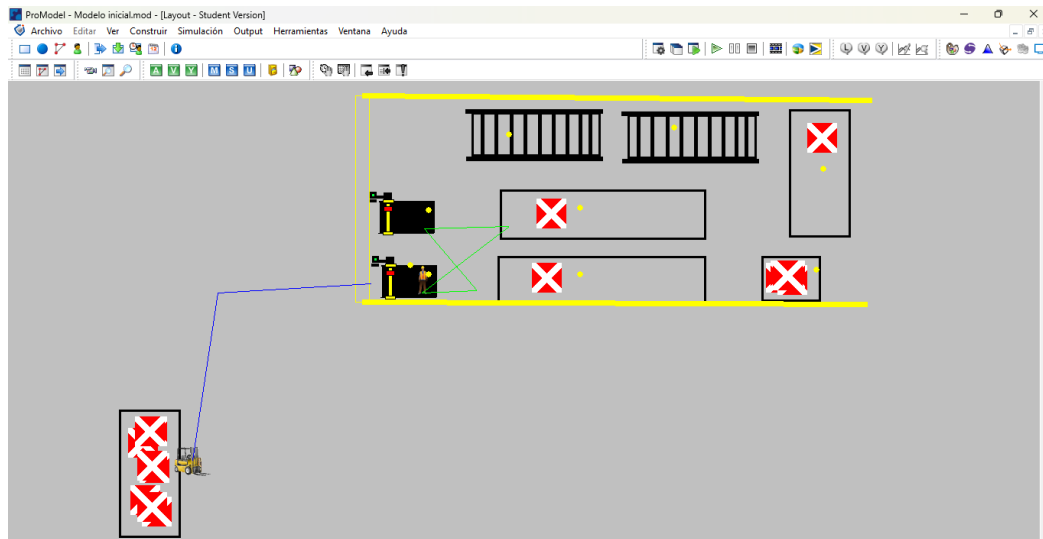
4.3 Simular un nuevo Layout por medio del software ProModel

A través del software ProModel se realiza la primera simulación de la distribución del área sur de la planta metalmecánica, proceso de lámina, corroborando lo analizado por medio de la metodología de Análisis de Flujo de procesos AFP, donde se evidencia tiempos de espera, exceso de movimientos, cuello de botellas.

Con este simulador se pueden representar actividades como la fabricación, el ensamblaje, el transporte, la inspección, el almacenamiento y otras más. Involucra la traslación de materiales, personas y equipamiento. Ayuda a optimizar tanto el tiempo como los recursos disponibles. Evalúa los impactos de la falta de productividad debido a problemas en las máquinas o entre el personal empleado junto a los tiempos de respuesta. Explora diferentes situaciones sin necesidad de llevarlas a cabo básicamente. ¡Ayuda en la toma de decisiones! Simplifique la comparación entre distintos métodos o mejoras de proceso. Reducir los riesgos verificando la decisión previamente a la implementación.

Se inicia mostrando la simulación actual del Layout del proceso de lámina donde se evidencia a través del software lo dicho anteriormente en el diagnóstico inicial de la problemática evidenciada en el proceso de lámina. Ver (Figura 20). (Febres, 2010).

Figura 20 Simulación Layout Actual



Fuente. Elaboración propia.

Una locación es un punto fijo en el modelo que representa un lugar específico en el espacio o una acción en lugar de algo seleccionado que está intercalado o una entidad pasiva. Como cuales: Puestos de trabajo (como puestos de corte, de soldadura o de pintura) Áreas de almacenamiento o de enfoque Puertas de entrada y salida. Áreas de inspección o garantía de calidad Áreas de enfoque o de traslado. Ver (Figura 21). (Febres, 2010).

Figura 21 Locaciones

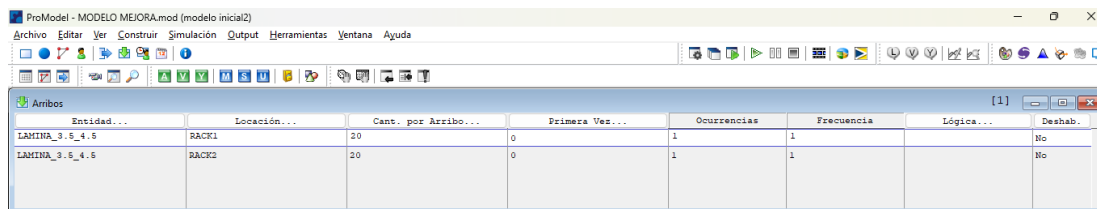
Icono	Nombre	Cap.	Unidades	TMs...	Escadist	Reglas...	Notas...
	RACK1	50	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo	
	PLASMA1	1	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo	
	PLASMA2	1	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo	
	Loc5	1	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo	
	Loc6	1	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo	
	BANCO_10	1	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo	
	BANCO_11	1	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo	
	LAMINAS_CORTADAS_1	4	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo	
	LAMINAS_CORTADAS_2	4	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo	
	SALIDA	50	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo	
	RACK	20	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo	
	Loc1	1	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo	
	Loc2	1	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo	
	Loc3	1	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo	
	Loc4	1	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo	
	RACK2	20	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo	
	RODILLOS	2	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo, FIFO	

Fuente. Elaboración propia.

Un evento claro ocurre cuando los arribos ingresan al sistema juntos y de manera consistente. Esto es crucial para reducir la carga de trabajo dentro del modelo. Ver

(Figura 22). Simule la llegada de materias primas o componentes. Atender a los clientes que acuden en busca de un servicio. El modelo emplea intervalos constantes o variables entre las llegadas. Domina el ritmo de producción o solicita información. Los arribos son el comienzo del flujo en ProModel. Si no hay arribos, el sistema no cuenta que ningún elemento está ingresando, lo que hace imposible cualquier simulación útil. (Febres, 2010).

Figura 22 Arribos



Entidad...	Locación...	Cant. por Arribo...	Primera Vez...	Ocurrencias	Frecuencia	Lógica...	Deshab.
LAMINA_3_5_4.5	RACK1	20	0	1	1		No
LAMINA_3_5_4.5	RACK2	20	0	1	1		No

Fuente. Elaboración propia.

Una entidad es un elemento en movimiento en el modelo, actuando de manera proactiva. Desplazamientos entre diversos lugares. Comunicado con los recursos. Genera datos estadísticos. La producción y el flujo de trabajo ocurren simultáneamente. Te permite analizar los retrasos en la atención al cliente, los problemas de entrega, los plazos de respuesta, entre otros aspectos. Es factible que el atributo de carácter señale la categoría, la urgencia, la dimensión o las cualidades específicas (por ejemplo: peso, lote, color). Las entidades son conocidas como el modelo ProModel en uso actualmente para el sistema empresarial global. Sin ellas nada se lleva adelante ni se procesa de forma efectiva. Todo el sistema gira en torno al movimiento de estas entidades: cómo evolucionan, cómo interactúan entre sí para lograr sus objetivos. Ver (Figura 23). (Febres, 2010).

Figura 23 Entidades

Icono	Nombre	Velocidad (Ppm)	Estadíst	Notas...
	NINGUNO	150	Series de tiempo	
	LAMINA_3_5_4_5	150	Series de tiempo	
	Ruta	150	Series de tiempo	
	LAMINAS_CORTADAS	150	Series de tiempo	
	RutaC	150	Series de tiempo	
	TIRAS_LARGAS	150	Series de tiempo	
	CORTE_INF_25KG	150	Series de tiempo	
	ESTRUCTURA_EN_PROCESO	150	Series de tiempo	

Fuente. Elaboración propia.

Una red de rutas es como un mapa de carreteras integrado en el modelo y está formado por: Segmentos de ruta o arcos, caminos que conectan dos puntos nodales. En vez de ser “teletransportadas” de un lugar a otro, las entidades (o recursos como montacargas, vehículos, etc.) siguen estas rutas. ¿La red de rutas que posibilita? Encuentra la ruta exacta para cada carro elevador. Mantiene un ojo en la sobrecarga en áreas específicas. Simula la disponibilidad de recursos cuando haya ocupación en el sistema.

Tipos de movimientos que puedes simular: Movimiento de activos móviles (como vehículos). Movimiento influenciado por circunstancias específicas como prioridades y señales. Ver (Figura 24). (Febres, 2010).

Figura 24 Redes de rutas

Gráfica	Nombre	Tipo	T/T	Rutas...	Interfaces...	Mapas...	Nodos
	RUTAS_3RNAS	Ruta Puente	Velocidad & Distancia 3	10	0	10	
	RUTA_3RNAS_2RNAS	Subpasaje	Velocidad & Distancia 2	2	0	2	
	transporte_operadores	Subpasaje	Velocidad & Distancia 4	4	0	4	

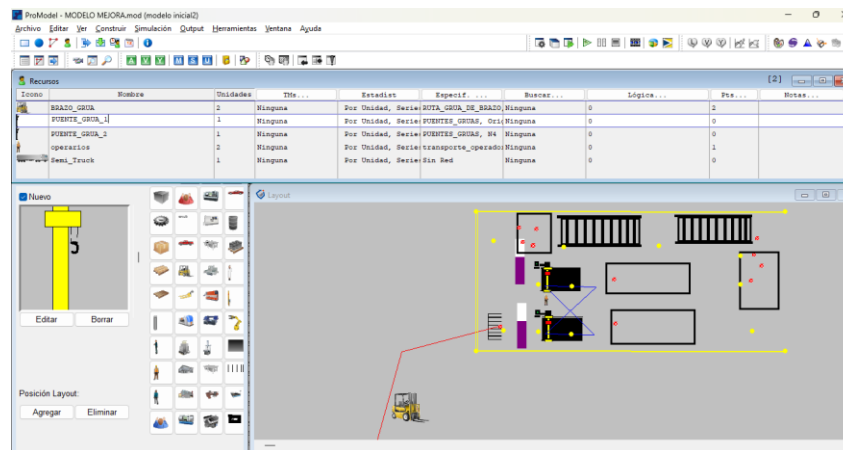
Nodo	Coordenadas (X,Y)
Design	0.00, 0.00
R1a1Final	142.00, 0.00
PuntoFinal	0.00, 44.00
R1a2Final	142.00, 44.00
R1	40.14, 47.61
R2	20.43, 30.46
R3	40.34, 20.74
R4	20.06, 40.23
R5	20.43, 0.89
R6	40.71, 7.76
R7	121.29, 30.49
R8	0.00, 50.44
R9	121.29, 40.49
R10	124.71, 0.27
R11	12.43, 9.44

Fuente. Elaboración propia.

Un recurso es todo lo que se necesita para desplazar a una entidad. Sin tener acceso a recursos suficientes, muchas tareas no pueden llevarse a cabo de manera efectiva. ¿En qué

lugares los emplean? Los recursos se encuentran en lugares o procedimientos para señalar que: Se requiere un recurso específico para llevar a cabo la actividad. La entidad no puede progresar si el recurso está siendo utilizado. Es factible que el servicio esté sujeto a horarios de uso limitados, disponibilidad o trabajos de mantenimiento. Ver (Figura 25). (Febres, 2010).

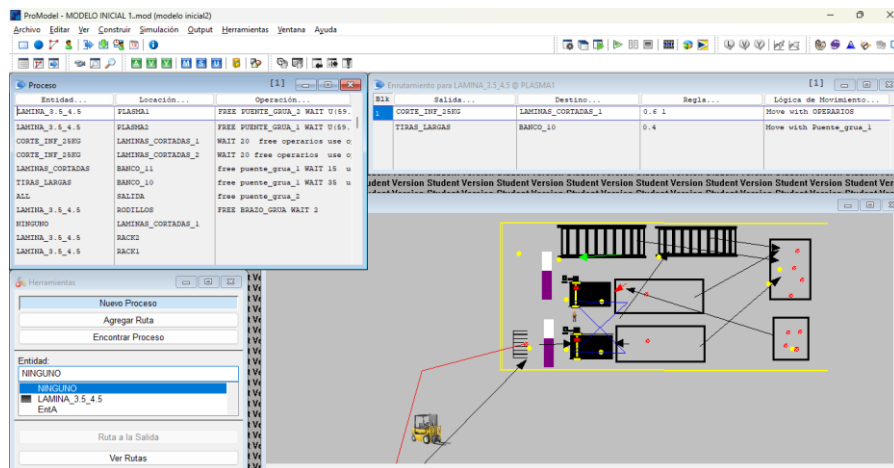
Figura 25 Recursos



Fuente. Elaboración propia.

Un proceso define qué le sucede a una entidad cuando llega a una locación: ¿Cuál es la importancia de los procesos? Esta frase muestra cómo se lleva a cabo en la práctica. Ayudan a identificar los puntos críticos de un sistema. Ayuda a determinar cómo afectan las modificaciones, como ajustar un operador o hacer cambios en una máquina. Es fundamental considerar los tiempos de producción, el uso de recursos y la eficiencia para tomar decisiones acertadas. En ProModel se define un proceso como una descripción detallada de cómo una entidad avanza en una etapa del sistema. Se consideran aspectos como el lugar disponible, los recursos necesarios, la duración estimada y el objetivo final. Ver (Figura 26). (Febres, 2010).

Figura 26 Proceso



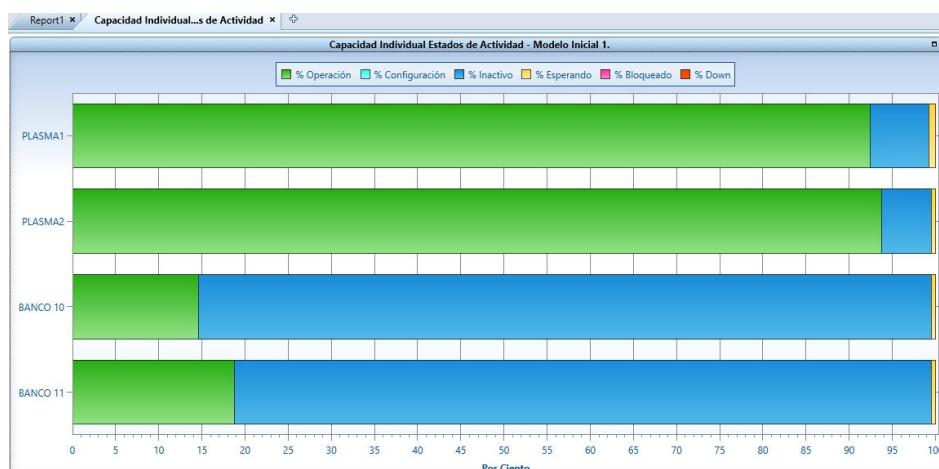
Fuente. Elaboración propia.

- **Comparación el antes y el después del estado del proceso de lamina por medio del software ProModel.**

- El antes:

En la gráfica (Figura 27 y tabla 9), se identifica en el modelo inicial de la simulación que el proceso de lámina tiene tiempos de inactividad elevados en un 33%, lo que no permite que la productividad de la planta sea mucho mayor por el cuello de botella que esta generando en este proceso.

Figura 27 Modelo Inicial Tiempo de operación de los puentes grúa - grúa brazo pluma



Fuente. Elaboración propia

Tabla 9 Tabulación Tiempos Modelo Inicial - ProModel

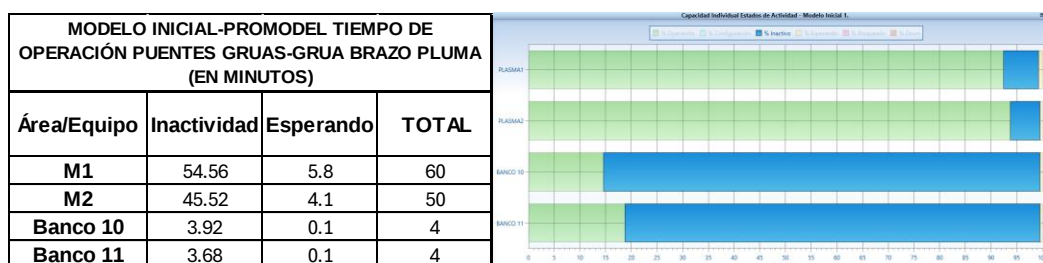
MODELO INICIAL-PROMODEL TIEMPO DE OPERACIÓN PUENTES GRUAS-GRUA BRAZO PLUMA						MODELO INICIAL-PROMODEL TIEMPO DE OPERACIÓN PUENTES GRUAS-GRUA BRAZO PLUMA (EN MINUTOS)			
Área/Equipo	Turno de trabajo (horas)	Inactividad %	Esperando %	Operación %	Total inactividad %	Área/Equipo	Inactividad	Esperando	TOTAL
Máquina Plasma 1	8	6.82	0.73	92.45	7.55	Máquina Plasma 1	54.56	5.8	60
Máquina Plasma 2	8	5.69	0.51	93.8	6.2	Máquina Plasma 2	45.52	4.1	50
Banco 10	8	84.93	0.49	14.58	85.42	Banco 10	3.92	0.1	4
Banco 11	8	80.79	0.46	18.75	81.25	Banco 11	3.68	0.1	4

Fuente. Elaboración propia.

- El después:

En la gráfica, ver (*Figura 28 y tabla 10*), se identifica en el modelo de mejora propuesto, como se reduce al **12%** de inactividad durante un turno de 8 horas en la planta de producción generando valor y competitividad a corto, mediano y largo plazo. Este software tiene la capacidad de poder realizar la simulación en tiempo real sin afectar la producción en planta logrando generar en ella soluciones rápidas como fue identificada la problemática aplicando la metodología AFP. En esta investigación se utilizó estas dos herramientas generando un impacto sustancial para poder mostrar que no solo en las plantas metalmecánicas si no ha nivel general en toda la industria son instrumentos aplicables para dar solución pronta a los procesos que se quieren modificar y generar valor a las empresas y compañías a nivel interno y externo.

Figura 28 Tiempos Modelo Inicial – ProModel



Fuente. Elaboración Propia.

Diagrama de Recorrido

- Se determinó que los materiales recorren **un 40% más distancia de la necesaria**

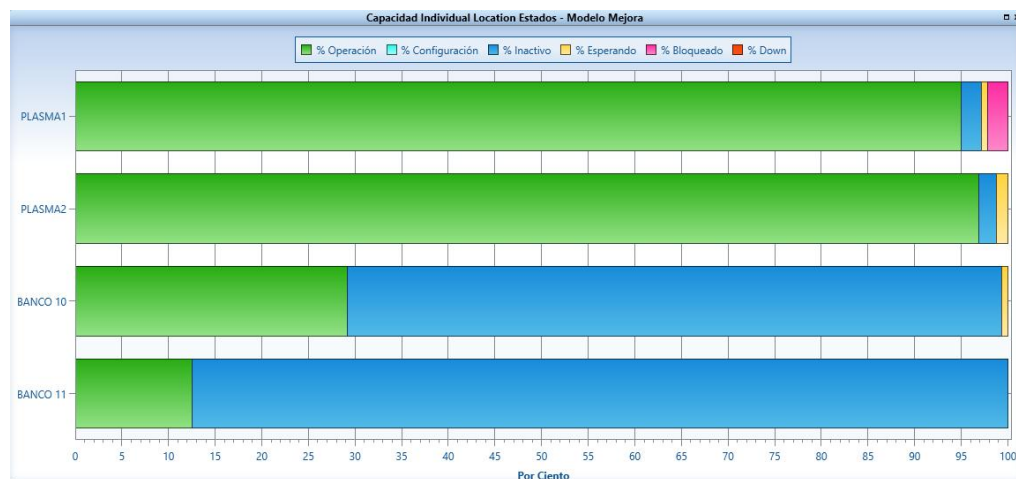
debido a la disposición ineficiente de la planta.

- La reubicación de los bancos y racks será clave para poder reducir estos desplazamientos en un **60%**, optimizando el flujo de trabajo.

4.2.7 Area de mejora identificada

El proceso de lámina fue el proceso donde se logra identificar uno de los problemas en la planta metalmecánica. En la (Figura 33), se evidencia que los Racks de almacenamiento de las láminas se encuentran por fuera del area de producción generando exceso de movimientos, tiempo de espera, cuellos de botella. En la figura 29 y tabla 10 se encuentra el modelo de mejora de manera que por medio del análisis del software y el estudio de tiempos se llega a una solución para reducir los tiempos de desplazamiento de la materia prima a cada maquina de plasma u oxicorte. Ver (Figura 30).

Figura 29 Estadística Modelo Mejora Tiempo de operación de los puestos grúa - grúa brazo pluma ProModel



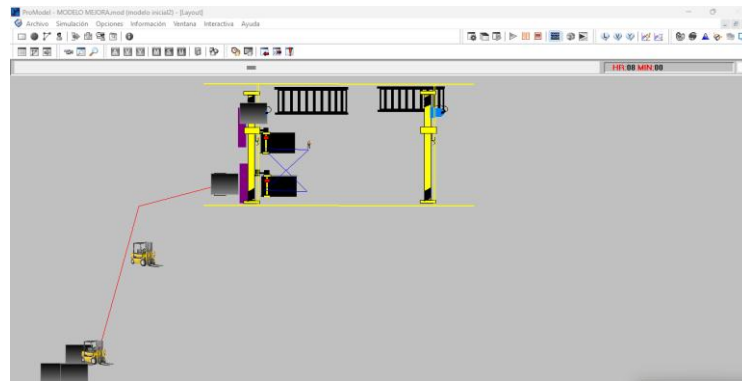
Fuente. Elaboración propia.

Tabla 10 Tabulación Tiempos Modelo Mejora – ProModel

MODELO MEJORA-PROMODEL TIEMPO DE OPERACIÓN Puentes GRUAS-GRUA BRAZO PLUMA						MODELO MEJORA-PROMODEL TIEMPO DE OPERACIÓN Puentes GRUAS-GRUA BRAZO PLUMA (EN MINUTOS)			
Área/Equipo	Turno de trabajo (horas)	Inactividad %	Esperando %	Operación %	Total inactividad %	Área/Equipo	Inactividad	Esperando	TOTAL
Máquina Plasma 1	8	0.28	0.62	95.03	0.9	Máquina Plasma 1	17.36	5.0	22
Máquina Plasma 2	8	0.25	1.26	96.85	1.51	Máquina Plasma 2	15.12	10.1	25
Banco 10	8	0.65	0.67	29.17	1.32	Banco 10	3.92	0.1	4
Banco 11	8	0.61	0	12.50	0.61	Banco 11	3.68	0.1	4

Fuente. Elaboración propia

Figura 30 Simulación nuevo Layout – ProModel



Fuente. Elaboración propia

4.4 Propuesta de rediseño .

Con el diagnóstico realizado a la planta metalmecánica se obtiene como resultado una propuesta solida que justifica la investigación por medio de la metodología de análisis de flujo AFP. El rediseño del proceso de lámina en la planta metalmecánica será fundamental para el rendimiento de la operación dando alcance al objetivo principal.

Con esta investigación se dejan bases para continuar realizando la tarea y lograr potencializar la planta en su area de producción.

Para lograr los objetivos como empresa se propone realizar los siguientes cambios:

- Realizar el cambio de locación bancos 10 y 11 en el area sur de la planta en el proceso de lámina y en este lugar colocar un Rack para el almacenamiento de las láminas de

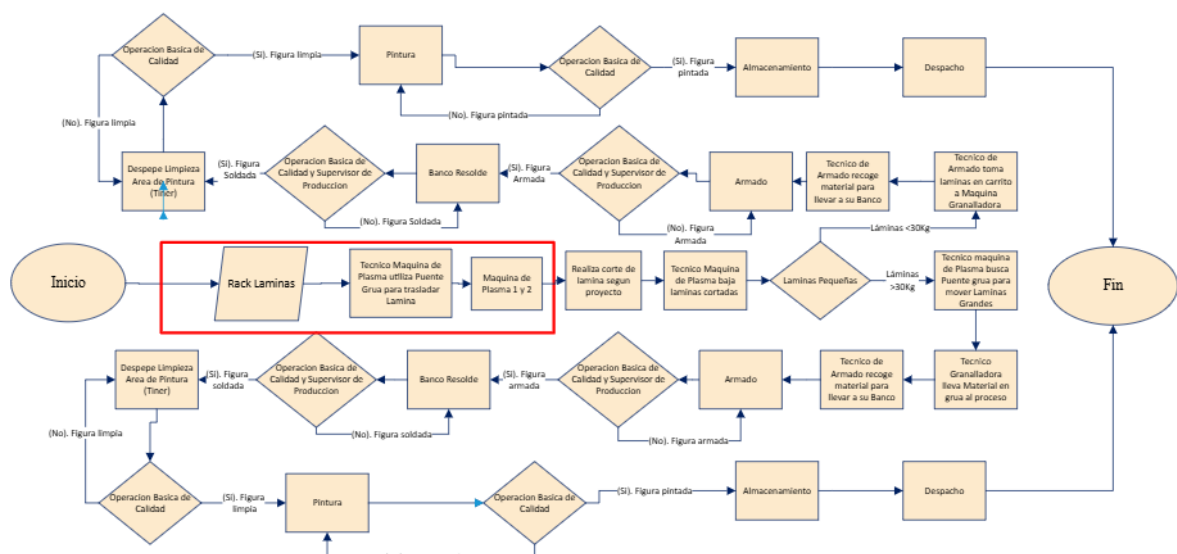
cualquier peso con una dimensión de 6 metros por 4.5 metros máximo de longitud. De manera que pueda abastecer las máquinas de plasma y oxicorte 1 y 2 sin contratiempos y rápido. El Rack dentro de la planta de producción lograra un impacto positivo en la producción general debido a que se evitaran riesgos y demoras, dejando las herramientas de transporte, (puentes grúa, camión brazo pluma, grúa brazo pluma), libres para los armadores y soldadores que los necesitan de manera más frecuente.

- Se pondrá fin en el ala sur de la planta en el proceso de lámina, al exceso de movimientos, tiempos de espera, cuellos de botella, dando alcance a la investigación realizada y logrando un nuevo Layout o diseño de planta más ágil y útil por medio de la metodología de análisis de flujo de procesos AFP.

4.4.1 Diagrama de Flujo nuevo proceso de lámina

Luego del análisis respectivo en la investigación se realiza nuevo diagrama de flujo para el proceso de lámina, logrando los tiempos de producción se reduzcas de manera exponencial y generando valor a la compañía. Ver (Figura 31).

Figura 31 Diagrama de flujo proceso de lámina propuesto.



Fuente. Elaboración propia.

4.4.2 Racks propuestos para el area señalada

Luego de medir el area subutilizada como lo hablamos en los resultados, Capitulo 4, se estudia los racks más adecuados y que se puedan hacer en la misma planta metalmeccánica de manera que no salgan costosos. Estos que mostramos a continuación son los más viables de manera que puedan soportar el peso de las láminas. Ver (Figura 32).

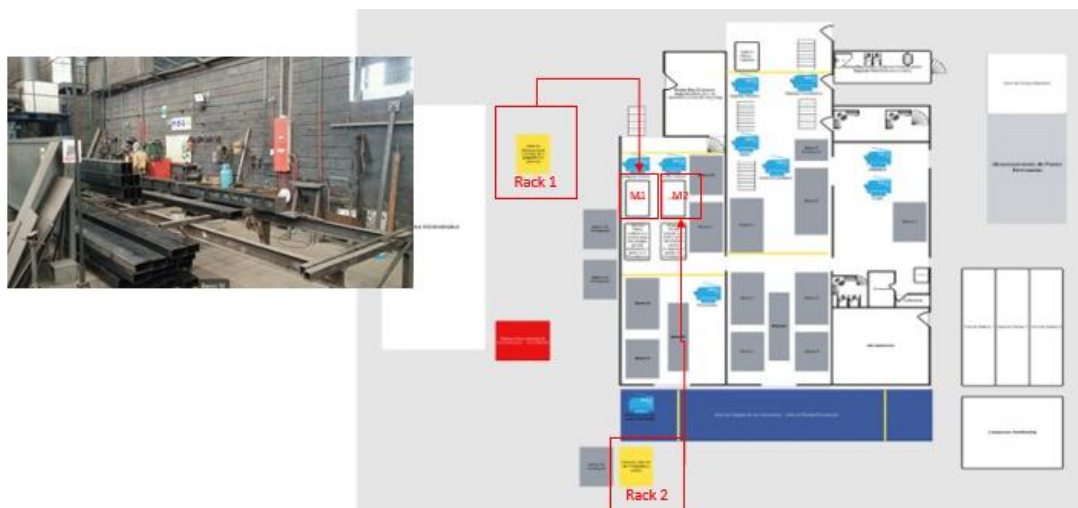
Figura 32 Racks propuestos para el proceso de lámina



Fuente. Elaboración propia.

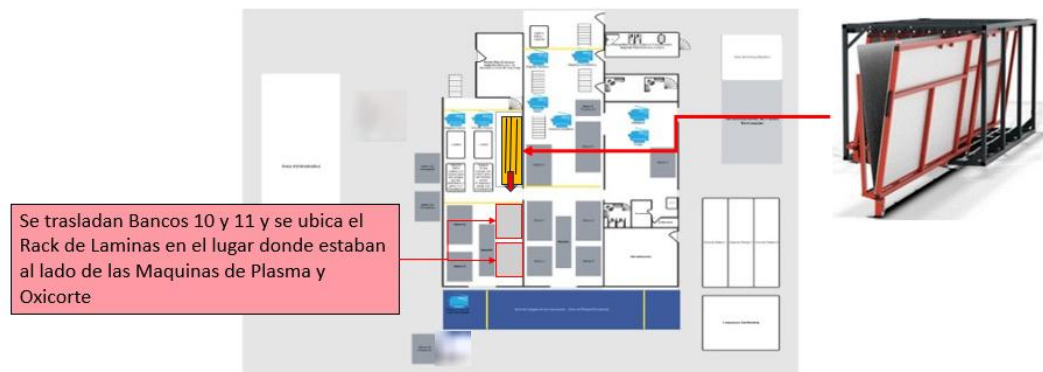
- **Diseño area actual**

Figura 33 Racks 1y2 fuera del area de producción



- Mejora

Figura 34 Traslado de bancos 10 y 11 al area subutilizada y se coloca el Rack de láminas propuesto para dejarlo al lado de las dos máquinas de plasma.



Fuente. Elaboración propia.

4.5 Cronograma

A continuación, cronograma de investigación en planta metalmecánica. Ver (Tabla 11).

Tabla 11 Cronograma

Cronograma de Actividades Investigación																			
Descripción	Fecha de inicio	Fecha de finalización	Asignado	Estado	Octubre	Semana 3	Semana 4	Noviembre	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Diciembre	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Enero	Semana 1
Vista y conocimiento de la planta	24/10/2024	24/10/2024	Giovani Castro	Finalizado	Cerrado														
Vista recolección de datos Mapeo de los procesos actuales	25/10/2024	29/10/2024	Giovani Castro	Finalizado		Cerrado													
Investigación Metodología Análisis de flujo de Proceso AFP Planteamiento del problema Pregunta de investigación Objetivos	1/11/2024	30/11/2024	Giovani Castro	Finalizado				Cerrado	Cerrado	Cerrado	Cerrado								
Antecedentes Problemática Justificación Estado del Arte Delimitación-Alcance Avance en ProModel	2/12/2024	30/12/2024	Giovani Castro	Finalizado									Cerrado	Cerrado	Cerrado	Cerrado			
Metodología Resultados Avance en ProModel	1/1/2025	8/1/2025	Giovani Castro	Finalizado														Cerrado	
Diagramas de flujo Distribución de la planta en general Distribución de la planta en detalle	8/1/2025	15/1/2025	Giovani Castro	Finalizado															Cerrado
Propuesta de Distribución de planta Diagrama de flujo de la empresa Propuesta de distribución en la planta Propuesta de redistribución de planta Conclusiones y Bibliografía	15/1/2024	20/1/2024	Giovani Castro	Finalizado															Cerrado
Simulación en ProModel del proceso de Lámina	20/1/2024	25/1/2025	Giovani Castro																Cerrado

Fuente. Elaboración propia

Conclusiones

- Durante el diagnóstico se descubrieron máquinas de plasma u oxígeno que presentan tiempos de espera habituales de 25 y 35 minutos cada una respectivamente. La planificación y la gestión ineficiente de los movimientos de material son responsables de estas deficiencias en el proceso. Se visitó en repetidas veces la planta metalmeccánica para recopilar información detallada. Durante estas visitas, los supervisores y responsables de los departamentos de mantenimiento, operaciones y calidad compartieron la información necesaria para abordar el desafío actual que afectaba a la planta de producción.
- Usando el análisis AFP se puede identificar labores y acciones no viables en el proceso. Por ejemplo, la espera de los técnicos para reemplazar los materiales ocasionaría un retraso en cada procedimiento. Este análisis inicial sienta las bases para implementar mejoras específicas en el diseño de procesos y la disposición de la planta. El diseño reciente de la disposición propone una organización eficaz de los equipos y materiales en el área de producción, fundamentada en la optimización del flujo y la reducción de desplazamientos innecesarios. Plan ideal, se disminuye la distancia que el puente grúa recorre, se optimiza el flujo constante de materiales y se evitan movimientos innecesarios por parte de técnicos u operarios. Sin necesidad de expandir la infraestructura física, este diseño de infraestructura maximiza la capacidad operativa del espacio subutilizado. Se aprovecha mejor el espacio disponible haciendo un uso más eficiente del mismo.
- Se observó una significativa reducción en los tiempos improductivos: los tiempos de transporte interno se han disminuido en un 40%, mientras que los tiempos de espera en las máquinas de plasma u oxígeno se han reducido en un 35%. Los

resultados de la simulación respaldan la factibilidad de las mejoras propuestas al demostrar que el nuevo diseño no solo incrementa la capacidad de producción en un aproximado del 20%, sino que también optimiza la eficacia operativa. La simulación permitió realizar ajustes y perfeccionar el diseño antes de implementarlo en la planta real, anticipando posibles inconvenientes durante la ejecución.

Bibliografía

- Atlas.ti. (2024). *Atlas.ti*. Obtenido de Atlas.ti: <https://atlasti.com/es/guias/guia-investigacion-cualitativa-parte-1/investigacion-con-metodos-mixtos>
- Avila, N. L. (16 de 05 de 2021). *1library.co*. Obtenido de 1library.co: https://1library.co/article/metodolog%C3%ADas-dise%C3%B1o-distribuci%C3%B3n-planta.zgwpj456#google_vignette
- Avila, N. L. (16 de 05 de 2021). Evaluación y mejora de la distribución en planta del área de producción de una empresa metalmecánica de la ciudad de Guayaquil. Guayaquil-Ecuador: Universidad Politecnica Salesiana Ecuador.
- Bello Parra, D., Murrieta Dominguez, F., & Cortes Herrera, C. (16 de 06 de 2020). *Análisis de tiempos y movimientos en el proceso de producción de vapor de una empresa generadora de*.
- Camara de comercio de Manizales. (2022). *Informe del Sector Industrial Metalmecanica*. Manizales: <https://estudios.ccmppc.org.co/wp-content/uploads/Sector-metalmecanico.pdf>.
- Cano, M. (2023). *Herramientas necesarias para realizar un estudio de tiempos*. Obtenido de cronometras.com: <https://cronometras.com/wp-content/uploads/2023/03/d5b1c4a1-811f-4927-a8a4-ae0e9214487c.jpg>
- Cano, M. (s.f.). *cronometras.com*. Obtenido de cronometras.com: <https://cronometras.com/balanceo-de-lineas-optimizando-la-eficiencia-en-procesos-de-manufactura/>
- Cesias, E. (11 de 02 de 2021). *Diagrama de Flujo de Metalmecánica*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/document/494198172/Diagrama-de-flujo-de-metalmecanica>
- Choque, A. M. (01 de 01 de 2021). *revistaenfoques.org*. Obtenido de Estudio de tiempos y su

- relación con la productividad: <https://doi.org/10.33996/revistaenfoques.v5i17.104>
- Colombia, E. o.-8. (2024). *Colombia.co*. Obtenido de Colombia.co: <https://colombia.co/pais-colombia>
- Colombiana, C. d. (22 de 04 de 2020). La industria Metalmecancia en Colombia.
- Dandori, S. (1985). Una revolución en la produccion: el sistema SMED. En S. Dandori, *Una revolución en la produccion: el sistema SMED*. Madrid.
- De la fuente Garcia, D., & Fernandez Quesada, I. (2005). *Distribución En Planta*. Universidad de Oviedo.
- Duitama, C. G. (26 de 09 de 2024). Análisis sistémico de la competitividad en el sector metalmecánico. *Análisis sistémico de la competitividad en el sector metalmecánico: perspectivas meso y microeconómicas*, 1. Bogota, Bogota, Colombia.
- Febres, E.-O. R. (12 de 2010). Simular distintas situaciones utilizando varias configuraciones e imitar de forma digital el flujo de trabajo actual. Se consideran que abarcan la eficiencia en el trabajo realizado y la gestión de recursos junto con el tiempo requerido para completar las.
- Garcia Dunna, E., Garcia Reyes, H., & Cardenas Barrón, L. (2013). *Simulación y análisis de sistemas con ProModel*. Mexico: Person.
- Garcia -Sabater, J. P. (2020). *Distribucion en planta Nota Tecnica*. Riunet.upv.es.
- Garcia, D. E.-G.-C. (2013). Simulación y análisis. *Simulación y análisis*. Mexico, Mexico: Pearson.
- Groover, M. P. (2015). *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*. Estados Unidos: Pearson.
- Grumeber. (11 de 08 de 2020). *grumeber.com*. Obtenido de grumeber.com: <https://grumeber.com/principios-de-la-distribucion-en-planta/>
- Holweg, J. B. (2016). *The Lean Toolbox, 5ª edición. Un manual para la transformación lean*.

BUCKINGHAM, ENGLAND.

Kabiri, M. (2023). *Operaciones Legales KPIs*. Estados Unidos.

Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo OIT*. Ginebra.

Lemay, P. (22 de 04 de 2021). *TULIP*. Obtenido de <https://tulip.co>:

https://tulip.co/es/blog/bottleneck-analysis-tools/?utm_source=chatgpt.com

Logistics, R. (03 de 04 de 2024). *roldanlogistics.com*. Obtenido de roldanlogistics.com:

<https://www./post/analisis-sectorial-colombia-primer-trimestre-2024>

Mahadevan, B. (2010). *Gestión de operaciones: Teoría y práctica*. India: Pearson.

Metalmeccanica. (1 de 11 de 2018). *metalmecanica.com*. Obtenido de metalmecanica.com:

<https://www.metalmecanica.com/es/noticias/sector-metalmecanico-el-de-mayor-proyeccion-en-colombia-fedemetal>

Metalmeccanica. (11 de 04 de 2024). Obtenido de [Metalmeccanica](https://www.metalmecanica.com):

<https://www.metalmecanica.com/es>

Metalmeccanica. (27 de 08 de 2024). *metalmecanica.com*. Obtenido de metalmecanica.com:

<https://www.metalmecanica.com/es/noticias/podra-colombia-consolidarse-como-un-actor-clave-en-la-escena-internacional>

Mike Pycraft, H. S. (2000). *Operations Management*. South Africa: Pearson Education South Africa.

mortemecanizado. (2024). *mortemecanizado*. Obtenido de [mortemecanizado](https://mortemecanizado.com):

<https://mortemecanizado.com/pf/oxicorte-y-plasma/>

Muguira, A. (02 de 2025). *questionpro.com/*. Obtenido de

<https://www.questionpro.com/blog/es/a-la-hora-de-disenar-sus-encuestas-piense-en-sus-encuestados/>

Muther, R. (1970). *Distribución en planta*. España: Hispano Europea.

Niño, D. (17 de 01 de 2024). *metalmecanica.com*. Obtenido de metalmecanica.com:

<https://www.metalmecanica.com/es/noticias/tendencias-2024-para-la-industria-metalmecanica>

Pais, M. (s.f.). *colombia.co*. Obtenido de colombia.co: <https://colombia.co/pais-colombia/hechos/8-avances-de-la-industria-metalmecanica-en-colombia>

Planeacion, S. d. (2019). *sdp.gov.co*. Obtenido de sdp.gov.co: <https://www.sdp.gov.co/micrositios/pot-2019/ques#:~:text=El%20Plan%20de%20Ordenamiento%20Territorial,planifiquen%20el%20ordenamiento%20del%20territorio.>

Rehkopf, M. (s.f.). *atlassian.com*. Obtenido de atlassian.com: <https://www.atlassian.com/es/agile/project-management/continuous-improvement>

Revista internacional de tecnología y gestión de fabricación. (2000). *Revista internacional de tecnología y gestión de fabricación*, 1-3 de 85.

Rivas, A. (20 de 03 de 2023). *Normas Apa*. Obtenido de normasapa.in: <https://normasapa.in/estado-del-arte/>

Salazar López, B. (18 de 06 de 2019). *Definición de Estudio de Métodos o Ingeniería de Métodos*. Obtenido de <https://ingenieriaindustrialonline.com>: https://ingenieriaindustrialonline.com/ingenieria-de-metodos/que-es-la-ingenieria-de-metodos/?utm_

Sampieri, R. H. (2014). *Metodologia de la Investigacion*. Mexico: Mc Graw Hill Education.

Stephens, F. E. (2005). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. Mexico: Pearson Prentice Hall.

Stephens, F. E. (2005). *Diseño de Instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. Mexico: Pearson Prentice Hall.

Tapia, L. I.-J. (2020). *EVALUACIÓN DE OPORTUNIDADES DE MEJORA DEL SECTOR METALMECANICO*. CALI.

Tecnología, E. d. (11 de 18 de 2023). *universidadviu.com*. Obtenido de

<https://www.universidadviu.com>:

<https://www.universidadviu.com/int/actualidad/nuestros-expertos/pasos-del-metodo-cientifico-de-la-observacion-la-ley>

Torreslanda, P. (No tiene dato de No tiene dato de 2022). *Academia*. Obtenido de

[academia.edu](https://www.academia.edu):

https://www.academia.edu/35808019/Frederick_Winslow_Taylor_Aportes_a_la_Administraci%C3%B3n?work_id=35808019

Tricker, R. (2020). Quality Manayement Systems. En R. Tricker, *Quality Manayement*

Systems (págs. 73-75-117-118-121-123-133-140-142-160-170-207-210-211).

Anexo A

- **Encuestas**

De acuerdo con Atlas.ti (2024), “al iniciar el proceso de investigación, los investigadores a veces piensan que tienen que decidir si la investigación cualitativa o la cuantitativa son más apropiadas para su diseño de investigación. Sin embargo, la cuestión más importante es si los métodos que emplean en la recogida y el análisis de datos captan suficientemente el fenómeno que quieren estudiar. En algunos casos, para responder a esta pregunta es necesario utilizar varios métodos de investigación. La investigación con métodos mixtos es un paradigma de investigación que implica la recopilación de datos cualitativos y cuantitativos sobre el mismo objeto de investigación. Los investigadores que emplean métodos mixtos sintetizan los resultados cualitativos con los cuantitativos para lograr una mejor comprensión”. (pág. 1).

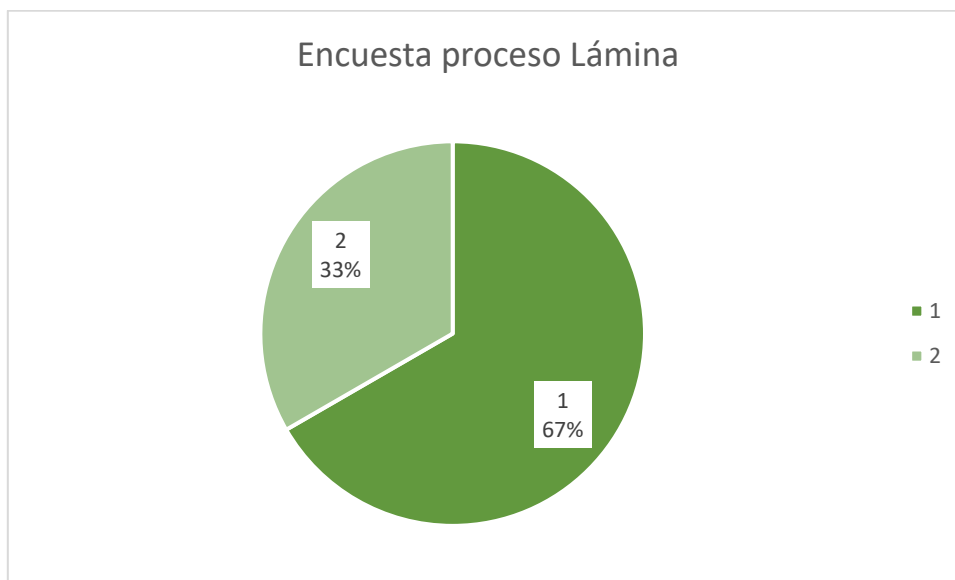
Encuesta generada a los operadores o técnicos de las Maquinas de plasma u oxicorte, armadores, soldadores y operadores de las grúas, con preguntas cerradas.

UMNG CARRERA INGENIERIA INDUSTRIAL ENCUESTA DIRIGIDA A TRABAJADORES DE LA PLANTA METALMECANICA					
Objetivo: Realizar un Diagnostico del proceso de Lamina					
Instrucciones: Señale con una X la respuesta que usted crea conveniente					
Nombre - Opcional	Edad:	Cargo:	Fecha:	Maquina:	Banco de trabajo:
Preguntas:					
1. ¿La materia prima, láminas, estan almacenadas muy lejos de las maquinas de plasma y oxicorte?					
Si					
No					
2. ¿Hay exceso de movimientos en el área de lámina?					
Si					
No					

- **Numero de Técnicos encuestados 15.**

Nombre - Opcional	Cargo	Maquina-Banco-Area	Rango de edad (Años)	Fecha	Respuesta - Pregunta
Carlos Giraldo	Armador	Banco 11	25 a 30	27/10/2024	1
Andres Guitierrez	Armador	Banco 10	30 a 35	27/10/2024	2
Pompilo Hernandez	Soldador	Banco Resolde	25 a 30	27/10/2024	1
Gustavo Aguilar	Soldador	Banco Resolde	40 a 50	27/10/2024	2
David Chacon	Armador	Banco 8	40 a 50	27/10/2024	1
Diego Calderon	Tec. Granallado	Granalladora	25 a 30	27/10/2024	1
Luis Baron	Tec. Mq Plasma	Plasma y oxicorte	30 a 35	27/10/2024	2
Felipe Melo	Tec. Mq Plasma	Plasma y oxicorte	25 a 30	27/10/2024	1
Sebastian Garcia	Operador	Camion Brazo pluma	30 a 35	27/10/2024	1
Juan Perez	Operador	Grua brazo pluma	30 a 35	27/10/2024	1
Guillermo Aponte	Supervisor	Operaciones	40 a 50	27/10/2024	1
Miguel Villamarin	Supervisor	Mantenimiento	30 a 35	27/10/2024	1
Edwin Cardona	Supervisor	Operaciones	25 a 30	27/10/2024	2
Carlos Estupiñan	Supervisor	Calidad	25 a 30	27/10/2024	2
Eliecer Verde	Supervisor	Calidad	25 a 30	27/10/2024	1

- **Tabulación de la encuesta en el proceso de lámina.**



- **Entrevistas**

Según Sampieri (2014), En la investigación cualitativa se consideran esenciales tanto

las entrevistas como las encuestas de tipo cualitativo debido a que cada una tiene ventajas específicas que cubren diferentes necesidades de investigación. Las entrevistas permiten a los investigadores personalizar y analizar los comentarios de cada participante para captar perspectivas únicas y detalladas. Por otro lado, las encuestas cualitativas revelan patrones temáticos que enriquecen la comprensión de las actitudes, comportamientos y creencias del público en general; ofreciendo así una visión más completa para los investigadores.

La primera etapa de investigación que se realizó fue mediante entrevistas con los gerentes de área de producción y mantenimiento, en la primera visita que se realizó. Se diseñan preguntas puntuales para lograr identificar su necesidad en este momento en la planta metalmecánica:

1. ¿Cuál es la necesidad más urgente que se debe analizar?

El jefe de producción nos responde enérgicamente y nos cuenta que la necesidad de la compañía es poder aumentar su productividad por lo tanto nos da vía libre para analizar cada uno de los procesos de la planta para poder diagnosticar y dar una solución a corto plazo. En nuestras visitas encontramos que el proceso de lamina es necesario realizar unos cambios.

2. ¿Qué personal de sus equipos pueden acompañar en el proceso de investigación?

Estas preguntas fueron contestadas de manera clara de manera que se planean varias visitas al sitio, ver (*Tabla 11*). En las visitas como se ha documentado en el presente trabajo se recolectaron diferentes documentos para poder llegar al problema real en el área del proceso de lámina donde no tenían contemplado su revisión y se evidencia que es necesaria su intervención urgente para lograr sus metas y objetivos como planta metalmecánica competitiva a nivel nacional e internacional.

3. ¿Qué información la planta puede suministrar para poder realizar la investigación?

Por parte de la empresa nos suministraron la información necesaria para poder lograr el objetivo General rediseñando el proceso de producción en el area de lámina.

4. ¿En el proceso de lámina se pueden realizar cambios en la operación para poder dar solución a la problemática que se encontró?

La respuesta del jefe de operaciones fue afirmativa de manera que por medio de nuestra investigación dimos solución a la problemática en el proceso de lámina.

- **Formularios para estudio de movimientos**

Por tanto, el propósito del análisis del trabajo es entender cómo se llevan a cabo las tareas y simplificar o ajustar los métodos operativos para reducir la carga innecesaria o excesiva y el uso de recursos poco rentables determinando el tiempo estándar para completar dichas actividades. Es claro que existe una relación entre la productividad y el análisis del trabajo. Si gracias a un enfoque de aprendizaje práctico se reduce el tiempo necesario para completar una tarea simplemente reorganizando o simplificando el proceso de producción sin costos o con costos adicionales; la eficiencia aumentará en la misma medida. Para comprender el análisis del trabajo que ayuda a reducir costos y tiempos necesarios para completar una actividad específica. (Kanawaty, 1996, pág. 9)

También Kanawaty (1996), el estudio de metodos es el registro y examen critico sistematicos de los modos de realizar actividades, con el fin de efectuar mejoras.

1 - *SELECCIONAR* el trabajo que se ha de estudiar y definir sus límites.

2 - *REGISTRAR* por observación directa los hechos relevantes relacionados con ese trabajo y recolectar de fuentes apropiadas todos los datos adicionales que sean necesarios.

3 - *EXAMINAR* de forma crítica, el modo en que se realiza el trabajo, su propósito, el lugar en que se realiza, la secuencia en que se lleva a cabo y los métodos utilizados.

4 - *ESTABLECER* el método más práctico, económico y eficaz, mediante los aportes de las personas concernidas.

5 - *EVALUAR* las diferentes opciones para establecer un nuevo método comparando la relación costo-eficacia entre el nuevo método y el actual.

6 - *DEFINIR* el nuevo método de forma clara y presentarlo a todas las personas a quienes pueda concernir (dirección, capataces y trabajadores).

7 - *IMPLANTAR* el nuevo método como una práctica normal y formar a todas las personas que han de utilizarlo.

8 - *CONTROLAR* la aplicación del nuevo método e implantar procedimientos adecuados para evitar una vuelta al uso del método anterior. (pág. 77).