Universidad de Valparaíso

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Civil Industrial

Propuesta de Modelo de Redistribución mediante el factor movimiento para la empresa FMA Industrial Chile S.A.

Elaborado por

Tecsya Gemita Santana Méndez - Valeria Denisse Quiroz Orellana

Trabajo de Título para optar al Grado de Licenciado en
Ciencias de la Ingeniería y Título de Ingeniero Civil Industrial

Profesor Guía: Milton Alvear Figueroa

Enero, 2019

Agradecimientos

En primer lugar, quisiéramos dar las gracias a Dios por darnos las herramientas adecuadas para seguir adelante ante cualquier adversidad que nos depare la vida.

También, damos las gracias a nuestras familias por apoyarnos cada día para ser mejores personas y estar presente en todo el proceso del proyecto, aguantando nuestros cambios de ánimos. Como así dar gracias a las personas que ya no se encuentran entre nosotros, pero que siempre y hasta el día de hoy nos dan todas las fortalezas para alcanzar nuestras metas.

Agradecer a nuestros amigos que siempre nos han brindado palabras de aliento en momentos difíciles y que de alguna u otra manera siempre nos han brindado apoyo en el proceso.

Dar las gracias a la empresa FMA Industrial S.A por brindarnos información necesaria para llevar a cabo toda la investigación del tema.

Finalmente, damos infinitas gracias a nuestro profesor guía Milton Alvear por estar siempre cuando lo necesitamos y apoyarnos con sus sabios consejos para lograr el término del proyecto, y por demostrarnos que existen profesionales completos desde el punto de vista profesional, como vocacional.

Tabla de Contenidos

Glosario 8
Resumen 12
1. Introducción 13
2. Distribución en planta 14
2.1 Título del Proyecto 14
2.2 Alcance y limitaciones 14
2.3 Empresa FMA Industrial S.A. 15
3. Método Systematic Layout Planning (SLP) 19
3.1 Naturaleza del Problema 19
3.2 Objetivos 19
3.3 Factores 19
3.4 Como Planear la distribución 20
3.5 Desarrollo de la Propuesta de Distribución 20
4. Marco teórico 21
4.1 Distribución en Planta 21
4.1.1 Factores que afectan la distribución en planta 25
4.1.2 Systematic Layout Planning (SLP) 32
4.2 Método de puntajes ponderados 34
5. Aplicación del método SLP (situación actual) 35
5.1 Naturaleza del problema 35
5.2 Objetivos 38
5.2.1 Objetivo general 38
5.2.2 Objetivos Específicos 38
5.3 Factores que afectan la distribución en planta 39
5.3.1 Factor Movimiento 43

5.3.1.1 Análisis producto-cantidad 43
5.3.1.2 Análisis del recorrido de los productos (flujo de producción) 45
5.3.1.3 Análisis de las relaciones entre actividades 51
5.3.1.4 Desarrollo del Diagrama de Relaciones de las Actividades 53
5.3.2 Factores involucrados 59
5.3.2.1 Factor Material 59
5.3.2.2 Factor Maquinaria 61
5.3.2.3 Factor Hombre 65
5.3.2.4 Factor Espera 67
5.3.2.5 Factor Servicio 70
5.3.2.6 Factor Cambio 70
5.3.2.7 Factor Edificio 71
5.4 Como planear la distribución 77
5.4.1 Análisis del producto 77
5.4.2 Determinación de la circulación o flujo 78
5.4.3 Evaluación y Selección de la mejor alternativa 87
5.5 Modelo de distribución 89
6. Conclusión 91
7. Referencias 94
8. Anexos 95
8.1 Listado de Clientes 95
8.2 Listado de los Productos 97
8.3 Layout FMA Industrial S.A. 100
8.4 Descripción de la rentabilidad y función del Manipulador de Neumáticos TH30G 101

Figuras

Figura 2.1 Manipulador de Neumáticos 16
Figura 2.2 Enrollador de cable 16
Figura 2.3. Balde 980 17
Figura 2.4. Dedos Hidráulicos 17
Figura 4.1. Esquema del Systematic Layout Planning. 33
Figura 5.1. Árbol de problemas 36
Figura 5.2. Manipulador de Neumático TH30G. 39
Figura 5.3. Diagrama de flujo empresa. 40
Figura 5.4. Diagrama de procesos con tercerización de empresa. 42
Figura 5.5. Árbol de Integración de empresa. 44
Figura 5.6. Diagrama de Recorrido 46
Figura 5.7. Matriz de Relación de Actividades. 52
Figura 5.8. Simbología Diagrama de Relación de Actividades. 52
Figura 5.9. Simbología del Diagrama de Relación de Actividades. 54
Figura 5.10. Diagrama de Relación de Actividades 54
Figura 5.11. Diagrama de Relación de Actividades. 83
Figura 5.12. Simbología procesos externos 85
Figura 5.13. Modelos básicos de circulación. 86
Figura 5.14. Modelo de Flujo circulación del material 89
Figura 8.1. Enrollador de cable energizado. Figura 8.2. Enrollador carro arrastre. 98
Figura 8.3. Manipulador de neumáticos interior. Figura 8.4. Dedos hidráulicos 98
Figura 8.5. Manipulador neumático rajo interior. 99
Figura 8.6. Balde para excavadoras 99
Figura 8.7 Layout FMA Industrial S.A. 100

Tablas

Tabla 5.1. Análisis cuantitativo de actividades por tipo. 47
Tabla 5.2. Análisis temporal de operaciones. 48
Tabla 5.3. Tiempos por operación. 50
Tabla 5.4. Descripción de traslados. 51
Tabla 5.5. Comparación de elemental. 59
Tabla 5.6. Resumen maquinaria. 61
Tabla 5.7. Resumen de factor hombre. 65
Tabla 5.8. Resumen Factor Espera. 67
Tabla 5.9. Resumen deterioros y mermas. 69
Tabla 5.10. Resumen factor servicio. 70
Tabla 5.11. Resumen factor cambio. 70
Tabla 5.12. Criterios basados en tiempos de operación. 87
Tabla 5.13. Escala de valor. 88
Tabla 5.14. Método de puntaje ponderado. 88

Gráficos

Gráfico 5.1. Distribución de actividades por tipo. 47
Gráfico 5.2. Operaciones por tipo. 49
Gráfico 5.3. Tiempo de operaciones restantes. 50
Gráfico 5.4. Distribución según montaje o elaboración. 63
Gráfico 5.5. Distribución según proceso en elaboración. 64
Gráfico 5.6. Segmentación del montaje 64

Glosario

Acople: Acomodar, unir o ajustar dos o más elementos.

Armado: Juntar las piezas que componen a un producto y ajustarlas entre sí.

Cilindrado: Es una operación realizada en el torno mediante la cual se reduce el diámetro de la barra de material que se está trabajando.

Componentes hidráulicos: Es un sistema que comprende un conjunto interconectado de componentes separados que transporta líquido.

Conjuntos mayores: Unión de dos conjuntos menores o de un conjunto menor más elementos de ferreterías o tercerizados.

Conjuntos menores: Unión de subconjunto menor más elementos tercerizados.

Distribuir: Dividir o repartir una cosa correspondiente a cada parte.

Elaboración: Preparación de un producto que se hace transformando una o varias materias en sucesivas operaciones.

Elementales: Elemento primordial para la fabricación del producto.

Ensamble: Unir varios elementos, de manera que se ajusten entre sí perfectamente la parte saliente de una en la entrante de la otra.

Flujo: Movimiento continuado de personas o de cosas de un lugar a otro.

Grúa horquilla: Es un vehículo contrapesado en su parte trasera, que mediante dos horquillas se utiliza para subir y bajar pallets.

Layout: Corresponde a un croquis, esquema, o bosquejo de distribución de las piezas o elementos que se encuentran dentro de un diseño en particular.

Mandrinado: Operación de mecanizado que se realiza en agujeros de piezas ya realizados para obtener mayor precisión dimensional, mayor precisión geométrica o una menor rugosidad superficial.

Manufactura: Proceso de fabricación de un producto que se realiza con las manos o con ayuda de máquinas.

Materia prima: Componente principal de los cuerpos, susceptible de toda clase de formas y de sufrir cambios, que se caracteriza por un conjunto de propiedades físicas o químicas, perceptibles a través de los sentidos.

Mecanizado: Proceso de fabricación que comprende un conjunto de operaciones mecánicas de conformación de piezas mediante la eliminación de material, ya sea por arranque de viruta o por abrasión.

Modelo: Cosa que sirve como pauta para ser imitada, reproducida o copiada.

Montaje: Operación que consiste en unir las distintas piezas de un objeto, particularmente de una máquina.

Orden de trabajo: Documento escrito que la empresa le entrega a la persona que corresponda y que contiene una descripción detallada del trabajo que debe llevar a cabo.

Oxicorte: Técnica de corte por oxidación mediante una llama. Dicha llama se produce mediante la combustión entre un gas combustible (propano, hidrógeno o acetileno) y un gas comburente, normalmente oxígeno.

Perforado: Hacer un agujero en algo de forma que lo atraviese total o parcialmente**.**

Plancha de acero: Es un material utilizado con frecuencia para crear productos de metal. Fabricados en diferentes niveles de espesor y ancho, las planchas de acero se cortan y se sueldan para crear el producto final.

Planta: Instalación industrial

Plegado o doblado: Implica en la deformación de una pieza para que adopte un ángulo con respecto a un eje que, en la mayoría de los casos, es recto.

Proveedor: Es una persona o una empresa que abastece a otras empresas con existencias (artículos), los cuales serán vendidos directamente o transformados para su posterior venta.

Puente grúa: Es un tipo de grúa que se utiliza en fábricas e industrias, para izar y desplazar cargas pesadas, permitiendo que se puedan movilizar piezas de gran porte en forma horizontal y vertical.

Rampla: En una plataforma de madera apoyada en un eje con dos ruedas grandes, que se utiliza para transportar mercaderías o muebles.

Refrentado: Es la operación realizada en el torno mediante la cual se mecaniza el extremo de la pieza, en el plano perpendicular al eje de giro.

Reordenar: Poner nuevamente en orden uno o varias cosas.

Soldadura: Es un proceso de fijación en donde se realiza la unión de dos o más piezas de un material (generalmente metales o termoplásticos).

Subconjuntos mayores: Unión de subconjunto menor más elementos de ferreterías.

Subconjuntos menores: Unión de piezas elementales.

Tercerizar: Práctica llevada a cabo por una empresa cuando contrata a otra firma para que preste un servicio que, en un principio, debería ser brindado por ella misma.

Torneado: Operación de mecanizado que tiene por finalidad la obtención de superficies cilíndricas, cónicas o, en cualquier caso, en forma de sólido de revolución.

Tratamientos térmicos: Combinación de operaciones de calentamiento y enfriamiento aplicadas a metales y aleaciones en estado sólido para obtener las condiciones o propiedades deseadas.

Resumen

El objetivo principal del proyecto es generar una propuesta que sirva de modelo de redistribución para mejorar el flujo de circulación del material mediante el factor movimiento para la empresa FMA Industrial S.A, la que fue posible gracias al método Systematic Layout Planning (SLP) "Distribución en Planta" de Richard Muther (1981) por ser el único método usado en la resolución de problemas de distribución en planta.

Para concretar la finalidad del proyecto con éxito fue necesario estudiar, analizar y fundamentar el movimiento implicado en la realización del producto desde que llega como materia prima hasta su terminación, mediante otros factores que se ven directamente involucrados con el movimiento, como el factor material, hombre, máquina, servicios auxiliares, entre otros.

Mediante la observación directa se pudo apreciar que el flujo actual varía considerablemente al flujo teórico que tienen como empresa, y todo esto como consecuencia de la gran variedad en sus diseños. El realizar productos personalizados basados en los requerimientos de cada cliente implica diversos recorridos en la fabricación de cada producto desde que se transforma, trata y monta el material, sobre todo para empresas de tipo industrial que poseen distribución en proceso y disposición fija.

Es por eso que establecer el mejor flujo del material para empresas con este tipo de características se vuelve un desafío aún más interesante.

1. Introducción

Este proyecto se basa en el estudio del área de fabricación de la empresa FMA[1] Industrial S.A., particularmente en el análisis del flujo de material mediante el factor movimiento. Para dar inicio a este estudio se observó que la naturaleza del problema de distribución en planta proviene de una reordenación de una distribución ya existente, debido a los frecuentes cambios de estilos o modelos de sus productos. De forma posterior, se establecen los objetivos básicos que deberán ser alcanzados para que la distribución logre un conjunto integrado usando el máximo de recursos compatibles con los nuevos planes y métodos. Claramente esto se ve limitado por las dimensiones del edificio actual.

Una vez definida la naturaleza del problema y los objetivos, se realiza un diagnóstico de la situación actual mediante el factor movimiento y los otros factores involucrados en el desarrollo del análisis. A pesar que la planta posea una distribución por proceso y disposición fija; el estudio está abocado a la distribución por producto (movimiento del material), para lo cual fue seleccionado el Manipulador de Neumáticos por ser el producto que genera más rentabilidad para la empresa, y por la complejidad que posee su fabricación al recorrer todos los procesos que realiza la empresa, como los externos a ella. Para el desarrollo de la solución se aplica el método Systematic Layout Planning (SLP), en el que por medio de los análisis y estudios realizados con el factor movimiento permite identificar el mejor recorrido del material. Finalmente, para la selección del modelo ideal se procede a realizar el método de ponderaciones para así conocer la propuesta más factible para la empresa.

[1] FMA: First-class Mining Attachments (Accesorios de minería de primera clase)

2. Distribución en planta

2.1 Título del Proyecto

Modelo de Redistribución mediante el factor movimiento para la empresa FMA Industrial Chile S.A.

2.2 Alcance y limitaciones

Alcance

En el alcance de este proyecto se pretende recolectar la mayor información posible del área de fabricación que realiza la empresa para conocer sus operaciones, inspecciones, esperas, traslados y almacenajes asociados al movimiento del material. Con la información recopilada de la situación actual se emplea el análisis del factor movimiento y de los otros factores que afectan la distribución en planta con el fin de identificar mejoras al flujo actual.

Para el desarrollo de la solución se utiliza el método Sytematic Planning Layout (SPL) cuyo procedimiento permite llegar a diversas soluciones, en el que la selección de la mejor alternativa dependerá única y exclusivamente del multicriterio evaluador. En este punto se dará a conocer dos soluciones, una enfocada en el flujo con las restricciones que posee la actual planta y otra dirigida al flujo ideal que debe tener la empresa sin considerar las limitaciones del lugar. Una vez seleccionado el flujo ideal, se establece el modelo de distribución que deberá contemplar la empresa FMA para mejorar su área en cuestión.

Limitación: No fue posible acceder a los costos de producción.

2.3 Empresa FMA Industrial S.A.

Se dedica a la investigación, diseño y desarrollo de productos que dan soluciones personalizadas a los grandes conglomerados mineros y su red de contratistas *Anexo 8.1 "Listado de Principales Clientes"*.

Cabe señalar que no se encuentra dentro del programa de proveedores de Clase Mundial, sin embargo, está inscrito en la asociación de industriales de Antofagasta conocido como SICEP, éste es un sistema de registro, evaluación y calificación de empresas proveedoras de bienes y servicios. Estar inscrito en SICEP significa pertenecer al principal registro de proveedores de las más significativas empresas mineras y grandes industriales del país.

La empresa posee una completa línea de equipos auxiliares mayores e implementos especiales de gran eficiencia operacional y larga vida útil, estos productos entregan una sólida base de ingeniería y un alto estándar de calidad, los cuales poseen variaciones según las especificaciones y requerimientos de sus clientes.

A continuación se muestran imágenes de los productos que son más significativos para la empresa en términos económicos, (entiéndase a productos con poco volumen de venta pero con gran margen de utilidad, como a los que tienen una alta rotación en su producción). Mediante las imágenes es posible observar la gran variedad que tienen los productos en sus diseños, para conocer más detalle de la gama de productos que fabrican *Ver anexo 8.2 "Listado de productos"*.

a) Productos con bajo volumen de producción, pero con gran utilidad

Figura 2.1 Manipulador de Neumáticos

Fuente: FMA, 2018.

Figura 2.2 Enrollador de cable

Fuente: FMA, 2018

b) Productos con menor margen de utilidad, pero con alto volumen de producción.

Figura 2.3. Balde 980

Fuente: FMA, 2018

Figura 2.4. Dedos Hidráulicos

Fuente: FMA, 2018.

FMA posee certificaciones: ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 y OHSAS 18001:2007, las que fueron aprobadas en cuanto al diseño, desarrollo, fabricación y comercialización de implementos, maquinarias, repuestos, asistencia técnica y mantenimiento de equipos metalmecánicos y otros equipos para los sectores mineros y construcción.

El estudio se realizó en la casa matriz de Santiago debido a que en esta instalación se lleva a cabo todo el proceso de fabricación de los proyectos, la empresa está compuesta por un total de 40 trabajadores, de los cuales 20 pertenecen al área administrativa y los 20 restantes conciernen a operarios.

La superficie comprende un total de 12.500 m^2 aproximadamente, en donde 7.000 m^2 corresponden directamente al área de producción que es donde se centra la temática del estudio. *Anexo 8.3 "Layout FMA Industrial"*.

La planta actualmente realiza una distribución por proceso en lo que respecta a la elaboración del material y una distribución por disposición fija para el montaje. El modo en que se relacionan los movimientos de los tres elementos de producción material, hombre y máquina resulta bastante desfavorable y complejo, debido a que es demasiado costoso e innecesario mover a los tres.

Dada las características de la empresa, el enfoque de la tesis se basa exclusivamente en el factor movimiento para poder establecer y definir el mejor patrón de circulación que deberá contemplar el material, para lograr minimizar el movimiento del material y el manejo innecesario de hombre y máquina.

3. Método Systematic Layout Planning (SLP)

3.1 Naturaleza del Problema

Con la recolección de datos y la observación directa se pudo confeccionar el árbol de problemas, en el que se pudo concretar que el inconveniente que tienen actualmente como empresa proviene de una deficiente distribución, por consiguiente, la naturaleza del problema concierne a una reordenación de una distribución ya existente.

3.2 Objetivos

Una vez conocida la naturaleza del problema de distribución en planta, se establecieron los objetivos básicos de distribución en planta a ser abordados para que el trabajo de investigación concluyese con éxito.

3.3 Factores

Por medio de los datos proporcionados del área de fabricación se seleccionó el producto estrella "Manipulador de Neumático TH30G" que como su denominación lo indica es el producto que genera mayor rentabilidad a la empresa, también se analizó por ser el producto que requiere de mayor número de operaciones, tanto internas como externas a la planta. Obtenida toda la información acerca del producto estrella se realizó un diagnóstico del flujo de circulación desde que se transforma, trata y monta el material, mediante el análisis del factor movimiento con el de los otros factores involucrados.

3.4 Como Planear la distribución

En esta etapa se observaron y analizaron las conclusiones obtenidas de la situación actual del recorrido que realiza el producto estrella “Manipulador de Neumáticos TH30G”, y así planear de manera correcta la redistribución que hay que realizar a la planta.

Para llegar a la solución se utilizaron los fundamentos guías, poniéndose mayor énfasis en el análisis exhaustivo de las fases de la distribución de conjunto y del plan detallado para determinar el mejor flujo de material que debe adoptar la empresa.

3.5 Desarrollo de la Propuesta de Distribución

Dado lo anteriormente mencionado se procedió a confeccionar el modelo ideal de movimiento de material que deberá contemplar la redistribución.

4. Marco teórico

4.1 Distribución en Planta

La distribución en planta implica la ordenación física de los elementos industriales. Esta ordenación, ya practicada o en proyecto, incluye, tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios, como el equipo de trabajo y el personal de taller. (Muther R, 1981)

Existen cuatro tipos de problemas de distribución según su naturaleza, proyecto de una planta completamente nueva, expansión o traslado a una planta ya existente, reordenación de una distribución ya existente, y finalmente ajustes menores en distribución ya existente. Para este caso en particular el problema que presenta la empresa proviene de una *reordenación de una distribución ya existente*, en donde es una buena ocasión para adoptar métodos y equipos nuevos y eficientes. El ingeniero debe tratar de conseguir que su distribución sea un conjunto integrado. También en este caso se ve limitado por las dimensiones ya existentes del edificio, por su forma, y por las instalaciones en servicio. El problema consiste en usar el máximo de elementos ya existentes, compatible con los nuevos planes y métodos.

Existen solo siete modos de relacionar el movimiento de los tres elementos de producción (material, hombre, y máquina) y la manera que tiene de operar actualmente la empresa comprende el movimiento de éstos tres factores.

Los tipos clásicos de distribución son tres, y estos dependerán de lo que le sucede al material en la obtención de un producto: puede ser cambiado de forma, tratado o montado.

1) El cambio de forma se llama Elaboración (o fabricación)
2) El cambio de características se llama tratamiento
3) La adición de otros materiales a una primera pieza o material, se llama montaje

Los tipos clásicos de distribución son:

Distribución de posición fija: Es decir, permaneciendo el material en situación invariable. Se trata de una distribución en la que el material o el componente permanecen en lugar fijo; todas las herramientas, maquinaria, hombres, y otras piezas de material concurren a ella. Todo el trabajo se hace - o el producto se ejecuta — con el componente principal estacionado en una misma posición

Distribución por proceso: En ella todas las operaciones del mismo proceso — o tipo de proceso — están agrupadas. Toda la soldadura está en un área; todo el, taladrado en otra, etc. Las operaciones similares y el equipo están agrupados de acuerdo con el proceso o función que llevan a cabo.

Producción en cadena: Un producto o tipo de producto se realiza en un área, pero al contrario de la distribución fija, el material está en movimiento. Esta distribución dispone cada operación inmediatamente al lado de la siguiente.

Ahora comparando las ventajas de la distribución por proceso, sobre la producción en cadena para la elaboración y tratamiento tenemos:

a) Ventajas de la distribución por proceso, para la elaboración y tratamiento:

- ✓ Se adapta a gran variedad de productos, como a los cambios frecuentes en los cambios de operaciones.
- ✓ Se adapta fácilmente a una demanda intermitente
- ✓ Es mucho más fácil mantener la continuidad de la producción en casos de avería de maquinaria, escasez del material, y ante la ausencia de trabajadores.

b) Ventajas de la producción en cadena, para la elaboración y tratamiento:

- ✓ Reducción del manejo de material y del tiempo de producción
- ✓ Uso más efectivo de la mano de obra
- ✓ Mayor facilidad de control de producción, sobre trabajadores, y reducción de problemas interdepartamentales.
- ✓ Reducción de congestión y el área de suelo ocupado.

En lo que respecta al trabajo de montaje del material encontraremos frecuentemente, tanto la distribución por posición fija como la producción en cadena.

a) Ventajas de la distribución por posición fija en una planta de montaje:

- ✓ Reduce el manejo de la pieza mayor (a pesar de que aumenta la cantidad de piezas a trasladar al punto de montaje).
- ✓ Permite cambios frecuentes en el producto o productos diseñados y en la secuencia de operaciones.
- ✓ Se adapta a gran variedad de productos y a la demanda intermitente.

- ✓ Es más flexible, al no requerir una ingeniería de distribución muy organizada ni costosa.

b) Ventajas de la producción en cadena para el trabajo de montaje:

- ✓ Reducción del manejo de piezas hacia el punto del montaje con menos congestión.
- ✓ Mano de obra más barata (gracias a la facilidad de aprendizaje)
- ✓ Disminución del tiempo en proceso y una supervisión más fácil

Cabe señalar que estos tipos clásicos de distribución pueden mezclarse según las características, requerimientos y necesidades de cada empresa. No obstante, es necesario tener en consideración los objetivos básicos de distribución en planta, ya qe una vez definidos se puede emplear que tipos clásicos de distribución serán los que deberán adoptarse para alcanzar el conjunto integrado que requiere toda planta.

A continuación se mencionan y explican los seis objetivos o principios básicos que tiene que contener toda planta para que su distribución sea eficiente.

1. *Principio de la integración de conjunto:* La mejor distribución es la que integra a los hombres, los materiales, la maquinaria, las actividades auxiliares, así como cualquier otro factor, de modo que resulte el compromiso mejor entre todas estas partes.
2. *Principio de la mínima distancia recorrida:* A igualdad de condiciones, es siempre mejor la Distribución que permite que la distancia a recorrer por el material entre operaciones sea la más corta
3. *Principios de la circulación o flujo de materiales:* En igualdad de condiciones, es mejor aquella Distribución que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación

o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se transforman, tratan o montan los materiales.

4. *Principio del espacio cúbico:* La economía se obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto en vertical como en horizontal.
5. *Principio de la satisfacción y de la seguridad:* A igualdad de condiciones, será siempre más efectiva la Distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los productores.
6. *Principio de la flexibilidad:* A igualdad de condiciones, siempre será más efectiva la distribución que pueda ser ajustada o reordenada, con menos costo o inconvenientes.

4.1.1 Factores que afectan la distribución en planta

Los factores que tienen influencia sobre cualquier distribución se dividen en 8 grupos; material, maquinaria, hombre, espera, servicio, edificio y cambio. Como el estudio se basa principalmente en el factor movimiento es que se hará mayor hincapié en sus consideraciones y particularidades, además se muestra una breve descripción de los otros factores involucrados para que el lector tenga un mero conocimiento de que se trata, mientras que el factor edificio queda exento de esta descripción por no estar implicado con el tema de estudio.

1. Factor Movimiento

El movimiento de uno, al menos, de los tres elementos básicos de la producción (material, hombres y maquinaria) es esencial. Generalmente se trata del material (materia prima, material en proceso o productos acabados). El movimiento de los materiales es tan importante que muchas industrias tienen equipos de ingenieros que no hacen más que planear el equipo y

métodos de manejo. Las consideraciones sobre el factor movimiento se agrupan de la siguiente manera:

a) Patrón o modelo de circulación a través de los procesos que sigue el material.

Es fundamental establecer un patrón o modelo de circulación a través de los procesos que sigue el material. Realizado de un modo apropiado, reducirá automáticamente la cantidad de manejo innecesario y significara que los materiales progresaran, con cada movimiento, hacia la terminación del producto. Para determinar un patrón efectivo del flujo de material, hemos de conseguir planificar el movimiento de entrada y salida de cada operación en la misma secuencia en que se elabora, trata o monta el material.

b) Reducción del manejo innecesario y antieconómico

Cuando el patrón de flujo ha sido ya establecido de un modo efectivo, el ingeniero de distribución proseguirá con la ordenación del equipo de modo que una operación termine justamente donde empiece la siguiente o tratará de conseguir una ordenación que permita a un operario dejar el material donde el siguiente operario pueda recogerlo con facilidad. Cuando deba emplear un equipo de manejo, muy a menudo podrá usar de un modo efectivo el modelo más simple, tal como una rampa o caída. Debe aprovechar la fuerza de gravedad para realizar el movimiento o parte del mismo. Procurará enlazar la carga y descarga de cada operación con el traslado.

c) *Manejo Combinado*

Frecuentemente se pueden proyectar métodos de manejo que sirvan para varios propósitos, aparte del mero traslado de material. El equipo de manejo se puede combinar de modo que nos

sirva de mesa de trabajo o dispositivo de contención. Esto combina el manejo con la elaboración, tratamiento o montaje. Cientos de operaciones de producción se han establecido con el mecanismo de traslado como parte básica del equipo.

d) ***Espacio para el Movimiento***

El espacio reservado para pasillos es espacio perdido desde el momento en que no es un área productiva de la planta. Los pasillos deberán conectar las áreas que tengan el mayor tráfico y deberán ser de la anchura necesaria para evitar tanto el desperdicio de espacio, como el embotellamiento.

e) Análisis de los Métodos de Manejo

Al momento de disponer la necesidad de un cierto transporte de material, se deberá especificar las técnicas para llevarlo a cabo. Se necesitara un conocimiento del equipo disponible de manejo de material y de lo que este puede o no hacer; se deberá saber predecir de qué modo un elemento nuevo (o de tipo diferente) del equipo se comportara en el proyecto; deberá poseer una familiaridad de los materiales, maquinaria y hombres de su planta, así como con los servicios auxiliares de la misma. Fundamentalmente, para cada análisis de manejo de material, existen ciertos factores que deben ser conocidos o determinados, por ejemplo:

Hechos primarios:

- Material adecuadamente identificado.
- Especificaciones y condición del material (consistencia, etc.).
- Cantidad.

- Ruta o puntos extremos del movimiento.

Hechos secundarios:

- Recipientes necesarios o disponibles.
- Equipo necesario o disponible.
- Condición de la ruta o rutas alternativas.
- Frecuencia, regularidad o requerimientos de sincronización de cada traslado.
- Requerimiento de velocidad (prisa o demora).
- Tiempo involucrado en mano de obra y equipo.
- Tarifas laborales.
- Restricciones en el trabajo por convenios, reglas o descripciones del trabajo.

Existen dos medios básicos para analizar el manejo del material:

a) A través de los materiales o productos que se manejan o que se proyecta manejar.
b) A través de la secuencia de operaciones o ruta de un material dado.

Usamos el primero cuando tenemos que mover muchos productos o materiales diferentes, tales como el traslado del material a un área de montaje, o el movimiento de entrada y salida en los departamentos que tienen una distribución por proceso.

*Análisis de los materiales o productos***:** Deberemos enumerar los diversos materiales que han de ser manejados, y al lado de cada uno de ellos los hechos relacionados con cada uno de

sus traslados. Normalmente, se describen en una columna a la izquierda, donde cada material trasladado puede ser identificado con sus condiciones específicas.

A continuación, viene la información de cantidad, que cubre los hechos primarios anteriormente citados. Después siguen los datos referentes a los recipientes y equipos del método ya existente, y el propuesto. También podrá registrarse cualquier otro dato que fuere necesario. Deberá determinarse el tiempo (en hombre-horas y equipo-horas) para traducirlo, acto seguido, en el coste implicado.

Se emplea la opción del análisis de secuencia de operaciones cuando se analiza el recorrido de un producto en particular.

Secuencia de operaciones o ruta de material dado: Se enumeran todas las cosas que le sucedan al material o producto que estamos estudiando. Esencialmente esto requiere un diagrama del proceso de flujo (o diagrama del proceso de recorrido).

f) Equipo de Manejo

Existen diversas clases de equipos disponibles para el manejo de materiales. No intentaremos discutir sus detalles aquí. No obstante, desde el momento en que el tipo de equipo usado puede afectar materialmente una distribución, el ingeniero de distribución deberá estar familiarizado con las características y capacidad de cada equipo. Generalmente el manejo mejor, más económico y eficiente se logra por medio de una integración de diferentes tipos de equipos de manejo.

2. Factor Material

Incluye diseño, variedad, cantidad, operaciones necesarias y su secuencia. Todo nuestro objetivo de producción es transformar, tratar o montar material de modo que logremos cambiar su forma o características. Por ello la distribución de nuestros elementos de producción ha de depender necesariamente del producto que deseemos y del material sobre el que trabajemos.

3. Factor Maquinaria

Abarca equipo de producción, herramientas, y su utilización. Después del producto o material sigue, en orden de importancia, la maquinada y el equipo de proceso. La información sobre la maquinaria (incluyendo las herramientas y equipo) es fundamental para una ordenación apropiada de la misma.

4. Factor Hombre

Involucra la supervisión y los servicios auxiliares, al mismo tiempo que la mano de otra directa. Como factor de producción, el hombre es mucho más flexible que cualquier material o maquinaria. Se le puede trasladar, se puede dividir o repartir su trabajo, entrenarle para nuevas operaciones y, generalmente, encajarle en cualquier distribución que sea apropiada para las operaciones deseadas. Por esta misma razón, muchos ingenieros de distribución y muchos directores, continúan aun «empujando a los operarios de un lado para otro».

5. Factor Espera

Considera todos los almacenamientos temporales y permanentes, así como las esperas. Cuando la distribución está correctamente planeada, los circuitos de flujo de material se reducen a un grado óptimo. Nuestro objetivo es una circulación material clara y veloz del material a través de la planta, siempre en progreso hacia el acabado del producto. Siempre que los materiales son detenidos, tienen lugar las esperas o demoras, y estas cuestan dinero.

6. Factor Servicio

Cubre el mantenimiento, inspección, control de desperdicios, programación y lanzamiento. La palabra servicio tiene multitud de significados en la industria. Por lo que a distribución se refiere, los servicios de una planta son las actividades, elementos y personal que sirven y auxilian a la producción. Los servicios mantienen y conservan en actividad a los trabajadores, materiales y maquinaria.

7. Factor Cambio

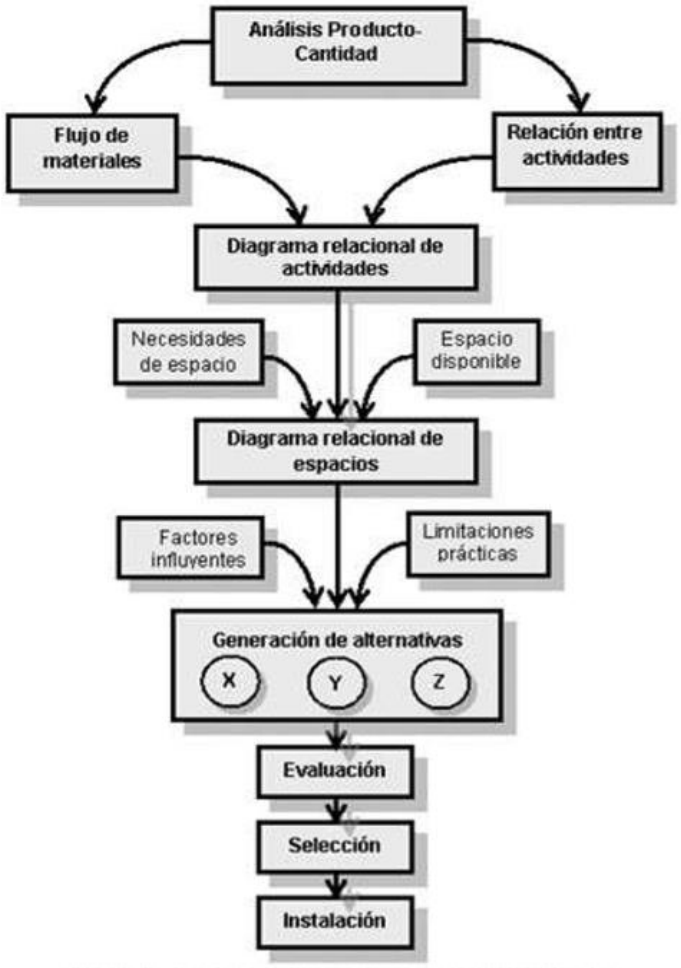
Su principal enfoque es lograr la versatilidad, flexibilidad y expansión. Cada uno de los ocho factores se divide en cierto número de elementos (o particularidades) y consideraciones. El cambio es una parte básica de todo concepto de mejora y su frecuencia y rapidez se va haciendo cada día mayor. Por lo tanto, a pesar de que planeemos nuevas distribuciones, debemos revisar constantemente las que hemos establecido previamente, pues de otro modo podemos encontrarnos con la desagradable sorpresa de despertar un día y ver que una distribución anticuada nos está mermando una buena cantidad de beneficios potenciales.

4.1.2 Systematic Layout Planning (SLP)

Esta metodología conocida como SLP por sus siglas en inglés, ha sido la más aceptada y la más comúnmente utilizada para la resolución de problemas de distribución en planta a partir de criterios cualitativos, aunque fue concebida para el diseño de todo tipo de distribuciones en planta independientemente de su naturaleza.

El método (resumido en la Figura 4.1) incorpora el flujo de los materiales en el estudio de la distribución, organizando el proceso de planificación total de manera racional y estableciendo una serie de fases y técnicas que, como el propio Muther describe, permiten identificar, valorar y visualizar todos los elementos involucrados en la implantación y las relaciones existentes entre ellos. Su carácter jerárquico lo que indica es que este debe aplicarse en fases jerarquizadas en cada una de las cuales el nivel de detalle es mayor que en la anterior.

Figura 4.1. Esquema del Systematic Layout Planning.



Fuente: Muther R. (1981)

Fases de Desarrollo del modelo SLP

Las cuatro fases o niveles de la distribución en planta son: localización, plan de distribución general, detallada e instalación. En ella se incluyen dos de las principales fases del trabajo de distribución. La fase I, localización del área a distribuir, y la fase IV, instalación de la distribución, pueden o no formar parte del ingeniero de distribución.

Plan de Distribución General. Aquí se establece el patrón de flujo para el total de áreas que deben ser atendidas en la actividad a desarrollar.

Plan de Distribución Detallada. Aquí se debe estudiar y preparar en detalle el plan alcanzado en el punto anterior e incluye el análisis, definición y planificación de los lugares donde van a ser instalados/colocados los puestos de trabajo, así como la maquinaria o los equipos e instalaciones de la actividad.

4.2 Método de puntajes ponderados

Este método suele emplearse en la resolución de problemas de localización, no obstante, su método sistemático permite evaluar y seleccionar la mejor alternativa entre diversos factores que se han de comparar.

Generalmente se utiliza para criterios cualitativos, aunque existe *una variación del método de factores ponderados que es propuesta por Brown y Gibson, donde combinan factores posibles de cuantificar con factores subjetivos a los que asignan valores ponderados de peso relativo* (Carro & González 2013) en donde el peso relativo, depende fuertemente del criterio y experiencia del evaluador.

Se procede a asignar una calificación a cada factor de acuerdo a una escala predeterminada como por ejemplo de cero a diez. La suma de las calificaciones ponderadas permitirá seleccionar la alternativa que acumule el mayor puntaje.

5. Aplicación del método SLP (situación actual)

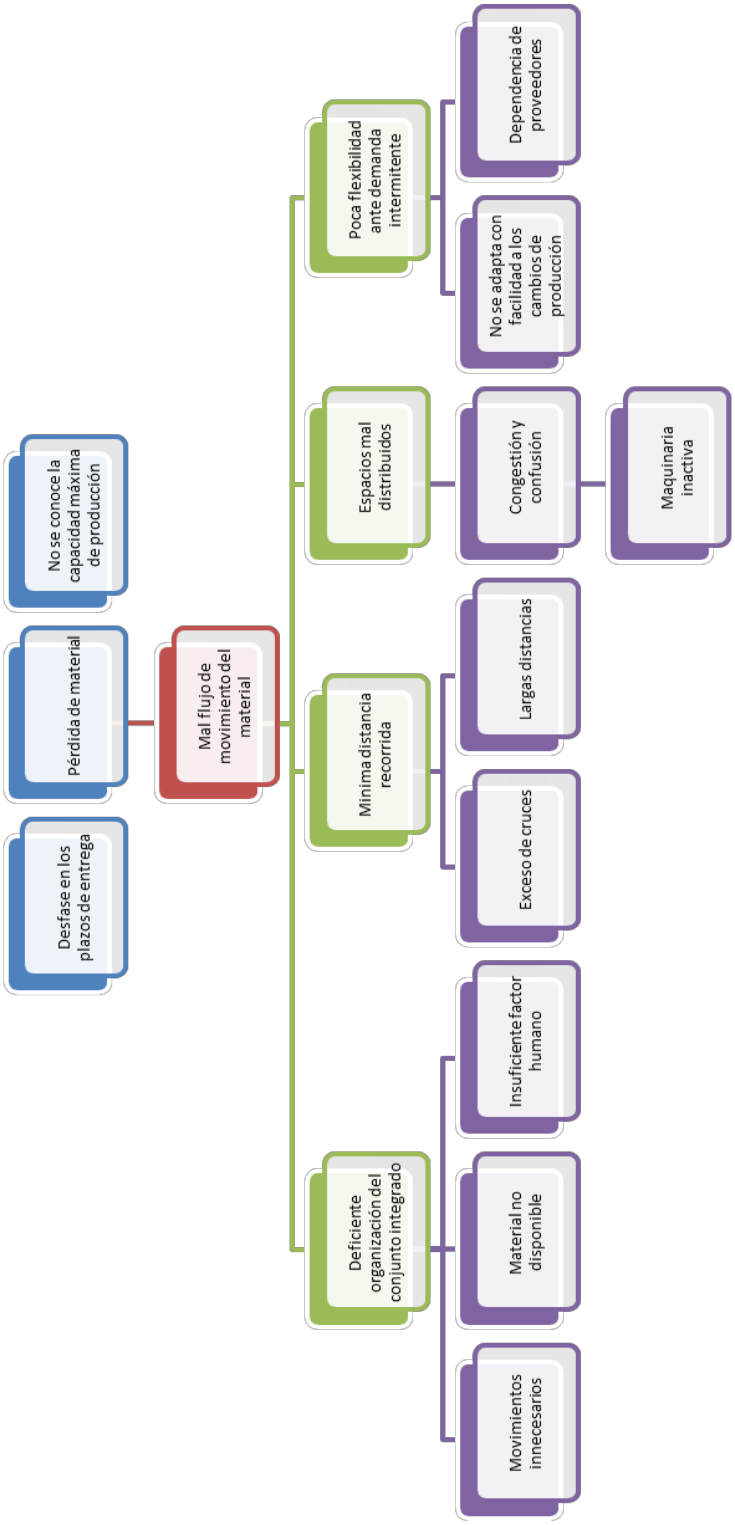
5.1 Naturaleza del problema

Para poder identificar de mejor manera la problemática crucial que está perjudicando a la empresa actualmente, se empleó la elaboración de una encuesta dirigida a la gerencia de operaciones y sus respectivos jefes de área para poder identificar y esclarecer el problema a tratar, además de ver las causas y efectos que éstos provocan en la planta, también se realizó una entrevista a los trabajadores del área, ya que muchas veces su opiniones suelen ser eludidas cuando son ellos quienes son capaces de ver y comprender las falencias que presenta la empresa, llegando inclusive a conocer y manejar la información mucho mejor, que la que poseen los altos mandos.

Una vez realizada las entrevistas, las encuestas y mediante la observación directa se estudiaron los resultados, en el que se concluyó que la problemática que presenta actualmente la empresa proviene del mal manejo del flujo del material que tienen en el área de fabricación.

Obtenida y reunida toda esta información se procedió a confeccionar el diagrama de árbol de problema.

Figura 5.1. Árbol de problemas



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Como se puede observar en el diagrama, todo esto proviene en términos globales al mal manejo o flujo de circulación del material disponible, a la mala distribución de horas hombres destinadas a cada etapa del proyecto, como también a la escasez en los tiempos de respuestas ante demanda fluctuante, lo que en consecuencia se ve reflejado en los desfases en los plazos de entrega del producto final.

Cabe destacar además que la maquinaria empleada en cada proceso no resulta ser la más eficiente, esto se ve claramente reflejado ante los métodos de manejo que poseen, porque no suelen ser los más eficientes ni los más tecnológicos.

Todo lo anteriormente señalado ocurre por la falta de implementación de manufactura moderna, sin embargo, para poder hacer mayor hincapié en el ¿Por qué se originan estas causas? Es necesario considerar que el mal flujo proviene de un mal movimiento de circulación de material en función a:

- Falta de coordinación en la integración de conjunto
- Excesos de cruces y largas distancias recorridas entre operaciones
- Mala utilización del espacio cúbico
- Escasa flexibilidad ante demanda fluctuante e intermitente.

También se destaca un punto de gran importancia que señaló tanto la gerencia de operaciones como los trabajadores del lugar, y es la gran dependencia que existe por parte de los proveedores, ya que muchas veces el contratista no responde en los plazos establecidos, lo que dificulta y detiene gran parte de la producción.

5.2 Objetivos

5.2.1 Objetivo general

Mejorar el flujo de circulación de material del área de fabricación de la empresa FMA Industrial S.A. que mediante el factor movimiento permita confeccionar la mejor propuesta de modelo de distribución que deberá contemplar la planta.

5.2.2 Objetivos Específicos

- Utilizar el principio de la integración de conjunto
- Minimizar los cruces y distancias recorridas
- Mejorar la utilización del espacio cúbico
- Definir un modelo flexible que le permita a la distribución ser mucho más adaptable, y con menor inconveniente.

5.3 Factores que afectan la distribución en planta

Se procedió a analizar el producto estrella que tiene la empresa, cuya connotación se debe al gran margen de utilidad que éste le genera. Además el producto fue escogido por la complejidad que posee en su elaboración, ya que pasa por todos los procesos internos de la empresa, como los externos a ella. *Anexo 8.4 Descripción de la rentabilidad y función del Manipulador de Neumáticos TH30G*.

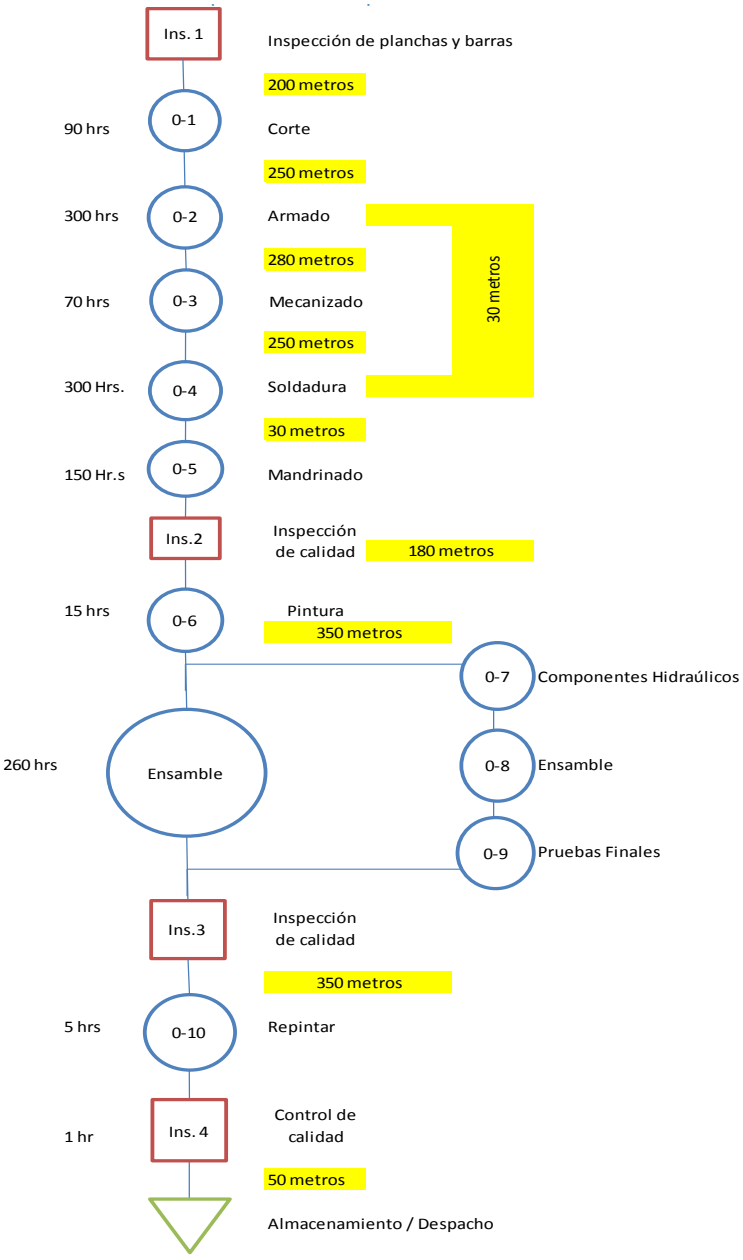
Figura 5.2. Manipulador de Neumático TH30G.

Fuente: FMA, 2018.

1) Diagrama de proceso

El diagrama de proceso (Figura 5.3.) muestra los tiempos y distancias de cada proceso, en la fabricación del producto estrella.

Figura 5.3. Diagrama de flujo empresa.



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Datos proporcionados por la empresa:

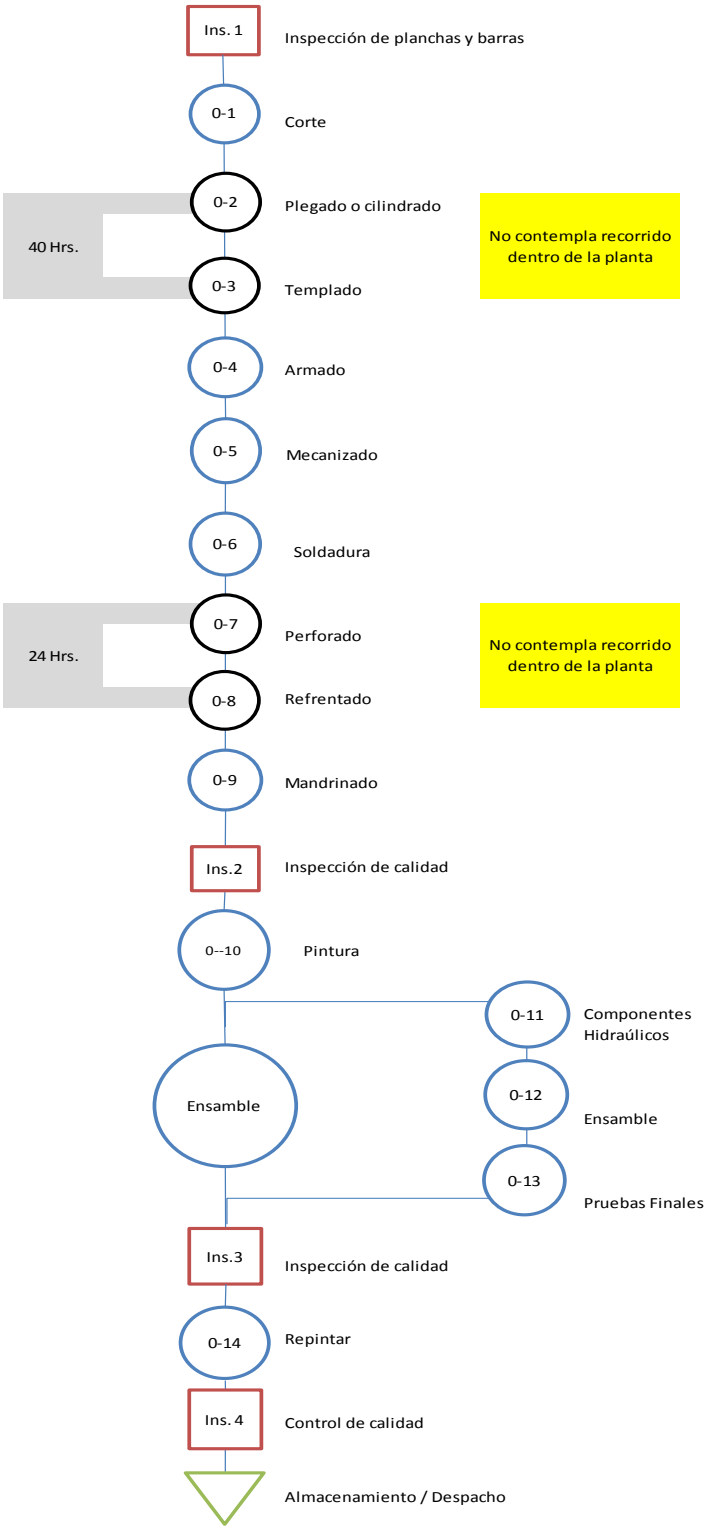
Se fabrican entre 3 y 14 manipuladores de neumáticos anualmente. El tiempo de producción de un manipulador bordean las 1.200 horas y la jornada laboral es de 45 horas semanales.

Observaciones:

Los procesos internos que requieren de mayor tiempo de operación son: Armado-Soldadura- Ensamble (componentes hidráulicos, ensamble y pruebas finales).

El diagrama de proceso que realiza la empresa (Figura 5.3.), muestra solamente lo que ellos realizan dentro de la planta, pero para que la fabricación del producto pueda concretarse es necesario incluir los procesos externos a ella. Así, se presenta a continuación un diagrama de procesos con la tercerización incluida en la Figura 5.4.

Figura 5.4. Diagrama de procesos con tercerización de empresa.



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Observaciones:

Se puede observar claramente en el diagrama que de un total de 10 operaciones pasamos a uno que contiene alrededor de 14 operaciones, en donde 4 de ellas dependen de proveedores externos, los que tardan alrededor de 64 horas en hacer la entrega de sus servicios a la empresa, si bien no es tiempo considerable en comparación a los otros procesos que se realizan internamente en la empresa, esto puede ser perjudicial, ya que el proceso desde que se trata hasta que se monta el material es interrumpido en dos secciones de la cadena, lo que equivale a un 29% de dependencia de proveedor en todo el proceso.

5.3.1 Factor Movimiento

5.3.1.1 Análisis producto-cantidad

Se realizó el árbol de integración (Figura 5.5.), el cual es un bosquejo de como el producto va tomando forma desde que es un simple elemental hasta como puede llegar a ser parte del producto terminado. En esta representación se pueden identificar los subconjuntos menores y mayores, como también se pueden conocer los conjuntos menores y mayores por los que pasan la integración del producto.

Figura 5.5. Árbol de Integración de empresa.

ÁRBOL DE INTEGRACIÓN "MANIPULADOR DE NEUMÁTICOS TH30G"						
Nº	*ELEMENTALES*	*CANTIDAD*	*SUBCONJUNTOS (-)*	*SUBCONJUNTOS (+)*	*CONJUNTOS (-)*	*CONJUNTOS (+)*	*PRODUCTO FINAL*
1	* Plancha lateral principal	1	CUERPO BRAZO TRANSVERSAL *(Acople de elementales)*	BASE DEL CUERPO TRANSVERSAL *(Armado del cuerpo)*	BASE DEL CUERPO TRANSVERSAL *(Armado del cuerpo)*	CUERPO TRANSVERSAL COMPLETO	*M* *A* *N* *I* *P* *U* *L* *A* *D* *O* *R* *D* *E* *N* *E* *U* *M* *A* *T* *I* *C* *O* *S* *T* *H* *3* *0* *G*
2	Plancha lateral trasera	1				
3	Lámina superior e inferior	2				
4	Lámina triangular doble perforación	4				
5	Línea de doble perforación	4				
6	Láminas laterales	2				
7	Tapa inspección	1				
8	Soporte pasador (orejas)	4				
9	Fijador esquinero para base corona	2				
10	Soporte lámina triangular	8				
11	Manómetro	1		EXTERNALIZADO		
12	Protección manómetro	1				
13	Cámara	1				
14	Corona	1		TERCIALIZADO		
15	* Lámina lateral	1	CARCASA BRAZO PARALELO INTERIOR	BASE BRAZO PARALELO INTERIOR *(Armado)*	BRAZOS PARALELOS DERECHO *(Armado de ambos)*	BRAZOS LATERALES Y PAD DE ROTACIÓN	
16	* Base inferior y superior	2					
17	La redonda	4					
18	Casquillos	4	ELEMENTO FERRETERÍA				
19	Boquilla de engrase	8					
20	* Lámina lateral	1	CARCASA BRAZO PARALELO EXTERIOR	BASE BRAZO PARALELO EXTERIOR *(Armado)*			
21	* Base inferior y superior	2					
22	La redonda	4					
23	Casquillos	4	ELEMENTO FERRETERÍA				
24	Boquilla de engrase	8					
25	Lámina circular	2	ANTI VUELCO	BASE DEL PAD	PAD COMPLETO DE ROTACIÓN DERECHO		
26	Lámina triangular	2					
27	* Lámina chiaveada y alargada	2					
28	Lámina triangular pequeña	1					
29	Mini soporte	1					
30	Línea de doble perforación	2					
31	Soporte pasador (orejas)	8					
32	Soporte oreja principal	1					
33	Soporte de lámina de doble perforación	4	CARCASA PRINCIPAL DEL PAD *(Acople de elementales)*				
34	Tapa cubierta	1					
35	Semi cubierta	1					
36	Fijador esquinero pequeño	4					
37	Lámina superior e inferior	2					
38	* Cuna principal	1					
39	Pilón	1	EXTERNALIZADO		EXTERNALIZADOS		
40	Motor	1					
41	Corona de orientación	1					
42	* Círculo principal	1	PLATO *(Acople de elementales)*	PLATO COMPLETO			
43	* Círculo argolla	1					
44	* Curva de dientes dobles	12					
45	* Curva de dientes infinitos	24					
46	* Arco de soporte al plato	1					
47	Tuercas hexagonal	28	FERRETERIA		ELEMENTOS DE FERRETERIA		
48	Arandela de presión	28					
49	Pernos	50					
50	Pasadores	8					
51	Tapa pasadores	8					
52	Cilindros hidráulicos (2 exteriores y 2 interiores)	4					
53	Componentes eléctricos						
54	Tuerca Hexagonal	32		SOPORTE CORONA I	EXTERNALIZADO	SOPORTE CORONA II	
55	Perno Hexagonal	32					
56	Arandela de presión	32					
57	Laina	64					
58	Base principal	1					
59	Bordes base principal rectangular	4					
60	* Círculo ceutral	1					
61	Corona principal de eje de rotación	1					
62	Pernos hexagonales	28				ELEMENTOS DE FERRETERIA	
63	Arandela de presión	28					

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Nota: Para el caso de los conjuntos menores (-) que corresponden al brazo paralelo derecho y el pad completo de rotación derecho, es lo mismo que para el lado izquierdo. Solo que se empleó un solo lado por temas de visualización. Además, todos los elementales señalados por el símbolo de asterisco se mandan a externalizar.

Existe un listado de 163 elementales para la fabricación del producto, de los cuales 17 requieren de tercerizado. En lo que concierne a la formación de los subconjuntos menores (-) y mayores (+) se puede observar que se reducen de un 10 a un 9, mientras que los conjuntos (-) y (+) pasan a conglomerarse de un total de 6 a 4 respectivamente para dar lugar al producto estrella.

Consideración: Elementales no se encuentran bien especificados, cantidades y medidas erróneas en el nesting (planos de los elementales que son enviados a oxicorte y corte según sea el caso).

5.3.1.2 Análisis del recorrido de los productos (flujo de producción)

Una vez obtenida la información de los procesos, operaciones, actividades e integración del producto se procede a realizar el diagrama de recorrido del material que se presenta en la Figura 5.6.

Figura 5.6. Diagrama de Recorrido.

		Descripción	Tiempo (Min)	Distancia (Mts)	Símbolo				
1		Llegada de camión con materia prima hasta almacenamiento	20	200					
2		Descarga de planchas y barras	80						
3		Inspección de planchas y barras	15						
4		Almacenamiento de planchas y barras	120						
5		Información de planos desde diseño a oxicorte /corte según sea el caso	20	250					
6	CORTE	Ingreso de datos al equipo	15						
7		Carga de planchas y barras	80						
8		Traslado de planchas a oxicorte y barras a corte	240	260					
9		Descarga de planchas y barras	80						
10		Izaje de plancha de acero al equipo	120						
11		Oxicorte / Plasma	3000						
12		Corte	2400						
13		Despunte	300						
14		Retiro de pieza	80						
15		Dejar acoples de elementales en pallet	720						
16		Eliminación Chatarra	80						
17		Carga de elementales (piezas)	80						
18		Traslado de oxicorte a armado y de corte armado	240	270					
19		Elementales externalizados para procesos de plegado, cilindrado y templado	2400						
20	ARMADO	Descarga o recepción de acoples	80						
21		Izaje	120						
22		Preparación del material	240						
23		Recepción de elementos tercializados (cilindrado y plegado)	80						
24		Descarga de elementos tercializados más implementos de ferreteria	80						
25		Armado	18000						
26		Carga de subconjuntos (-)	120						
27		Traslado de piezas o estructuras a mecanizado/ subconjuntos (-) a soldadura	240	280					
28	MECANIZADO	Recepción de planos y/o estructuras	120						
29		Montaje de material	30						
30		Medición	60						
31		Fresado / Torneado	4200						
32		Control de calidad	60						
33		Carga de elementales (piezas)	120						
34		Traslado de mecanizado a soldadura	120	250					
35	SOLDADURA	Descarga de subconjuntos (-)	120						
36		Reparación (Torchado)	300						
37		Recepción de elementos externalizados (manómetro y cámara)	80						
38		Descarga de elementos tercializados más elementos de ferreteria	80						
39		Armado subconjunto (+)	9000						
40		Soldadura	18000						
41		Revisión de conjunto (-)	60						
42		Traslado conjuntos (-) brazos paralelos y pad a mandrinado/cuerpo transversal a proveedor externo	240	30					
43		Espera por proveedor externo de conj (-) cuerpo transversal (refrentado y perforado de corona)	1440						
44	MANDRINADO	Descarga de conjuntos (-) de brazos paralelos y pad. Además de la recepción de planos	120						
45		Izaje de estructura	120						
46		Mandrinado	9000						
47		Relleno de soldadura	1800						
48		Descarga de conjunto (-) de cuerpo transversal	120						
49		Mandrinado a la corona del cuerpo transversal	4500						
50		Carga de los 3 conjuntos (-)	120						
51		Traslado de mandrinado a pintura de los 3 conjuntos (-)	240	180					
52	PINTURA	Descarga de los 3 conjuntos (-)	120						
53		Izaje y postura de mesón de trabajo	240						
54		Pintura base y secado	600						
55		Impresión de sellos y logos	300						
56		Carga de los 3 conjuntos (-)	120						
57		Traslado de los 3 conjuntos (-) a componentes hidraúlicos más busqueda de elementos ferreteria	240	350					
58	COM. HIDR	Descarga de los 3 conjuntos (-) más cilindros y pasadores	120						
59		Instalación de válvulas y comp. Eléctricos	960						
60		Conexión de mangueras	900						
61	ENSAMBLE	Preparación de materiales (elementos de ferretería, tales como lainas) y soporte corona (izaje)	600						
62		Montaje conjuntos (+) (cuerpo transversal, brazos y pad) + (soporte corona)	12000						
63		Pruebas finales producto completo	1200						
64		Inspección de calidad	120						
65		Carga del manipulador de neumático	240						
66		Traslado del manipulador de neumático de pruebas finales a pintura	240	350					
67	EXTRA	Descarga del manipulador de neumático	240						
68		Repintar	300						
69	CONTROL CALIDAD	Check list	20						
70		Análisis de chequeo	30						
71		Registro Fotográfico	10						
72		Carga del manipulador de neumático	240						
73		Traslado del manipulador de neumático de pintura a almacenaje	120	50					
74	ALMA CEN.	Descarga de producto terminado a almacenaje	240						
75		Disposición de espacio / Almacenaje	120						
			98420	**2470**	53	6	3	11	2
			1640	**24,7**					

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Análisis:

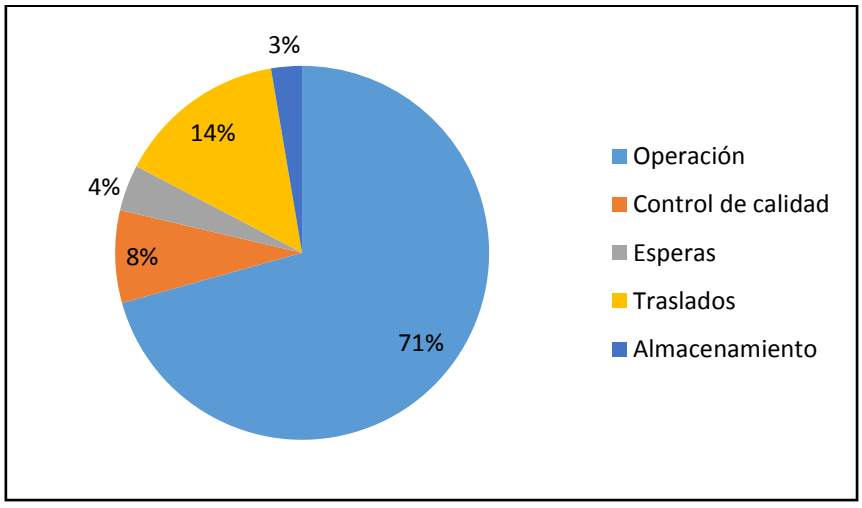
Mediante los datos recopilados se confeccionó una tabla con el total de actividades que son necesarias en el recorrido del material, en la que cada una se categorizó por operación, control de calidad, esperas, traslados y almacenamientos. A continuación, se ilustra la Tabla 5.1. empleada para el análisis.

Tabla 5.1. Análisis cuantitativo de actividades por tipo.

Simbología	Actividades	Cantidad	%
○	Operación	53	71%
□	Control de calidad	6	8%
D	Esperas	3	4%
⇨	Traslados	11	15%
▽	Almacenamiento	2	3%
Total		**75**	**100%**

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Gráfico 5.1. Distribución de actividades por tipo.



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Se puede observar que la mayor parte de las actividades de operación abordan el 71% de todo el proceso, seguidamente están los traslados asociados con un 14%, control de calidad con un 8% y finalmente las esperas y almacenamientos con un 4% y 3% respectivamente. Lo que se puede inferir del gráfico es que el control de calidad que se realiza es bastante bajo en proporción a la cantidad de operaciones que se realizan.

Si bien el proceso total dura alrededor de 1640 horas, 1460 horas son empleadas en operación, 139 en esperas, 33 horas en traslados, 5 horas en control de calidad y 4 horas de almacenaje.

A continuación se desglosa un análisis particular de la categoría operaciones, debido a que de un total de 1460 horas, 1367 horas corresponden a procesos, mientras que las 93 horas restantes corresponden a operaciones de preparación de material, izaje y cargas y descargas.

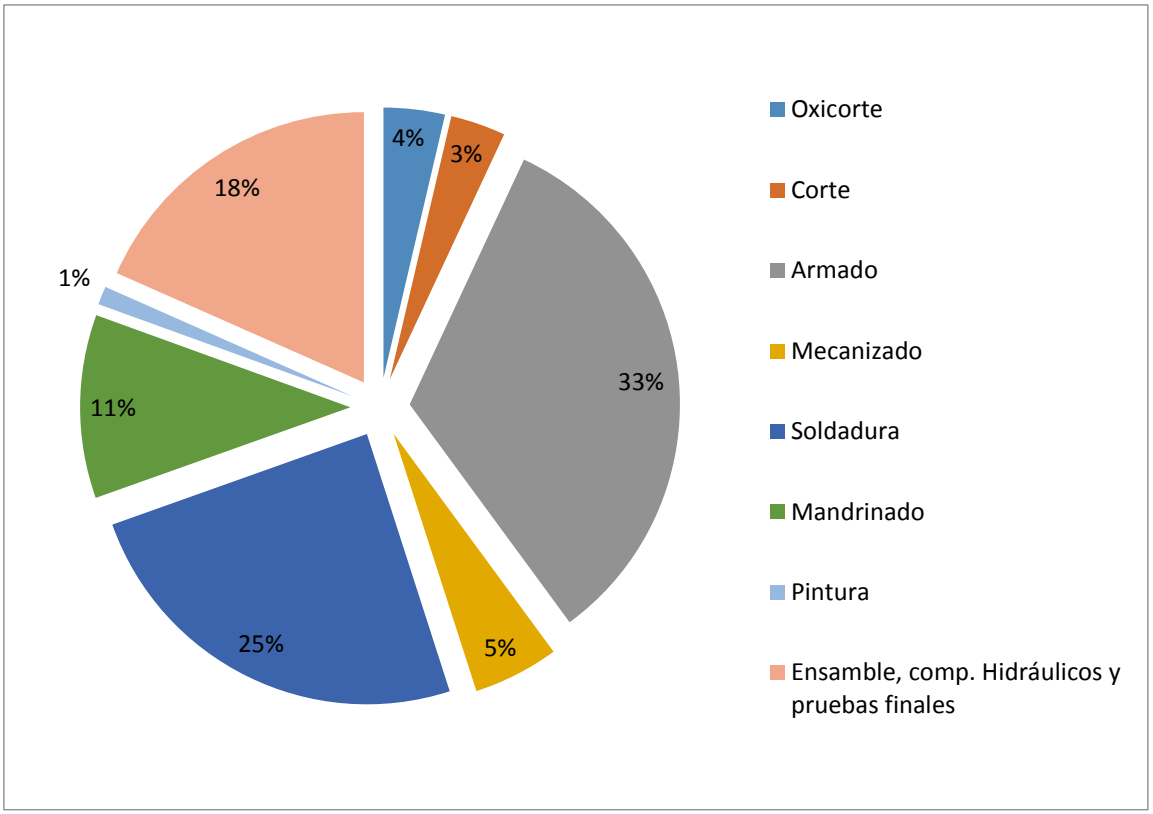
El tiempo total de cada proceso se ve reflejado en la Tabla 5.2. y representado en el gráfico 5.2

Tabla 5.2. Análisis temporal de operaciones.

Operaciones (Procesos)	Tiempo		%
	Minutos	Horas	
Oxicorte	3000	50	4%
Corte	2700	45	3%
Armado	27030	451	33%
Mecanizado	4200	70	5%
Soldadura	20100	335	25%
Mandrinado	9000	150	11%
Pintura	900	15	1%
Ensamble, comp. Hidráulicos y pruebas finales	15060	251	18%
Total	**81990**	**1367**	**100%**

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Gráfico 5.2. Operaciones por tipo.



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

En el gráfico se puede observar que las operaciones que requieren de mayor tiempo de operación son: armado, soldadura, ensamble (entiéndase que en este proceso se realiza la incorporación de componente hidráulicos más pruebas finales), posterior a él siguen mandrinado, mecanizado, oxicorte, corte y pintura.

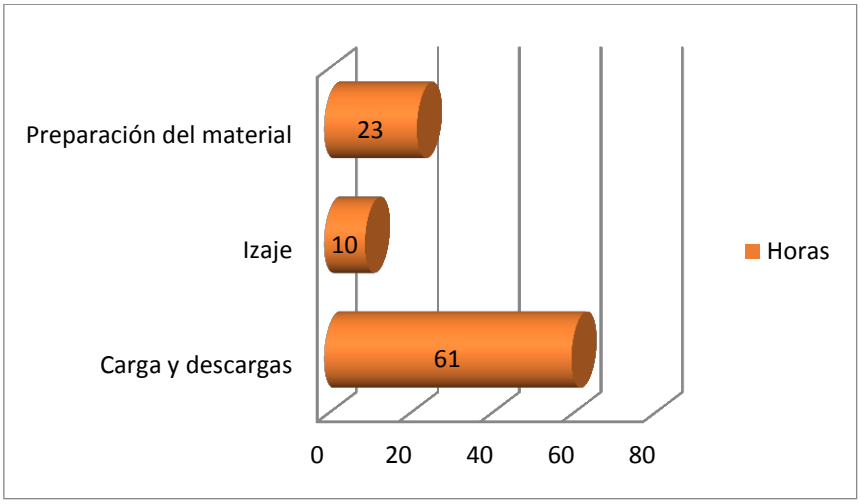
A continuación, se muestran los tiempos destinados a las operaciones restantes en la Tabla 5.3 y representados en el gráfico 5.3.

Tabla 5.3. Tiempos por operación.

Operaciones restantes	Horas	%
Carga y descargas	61	65%
Izaje	10	11%
Preparación del material	23	24%
Total	**93**	**100%**

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Gráfico 5.3. Tiempo de operaciones restantes.



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Mediante la utilización del gráfico se puede observar que el mayor tiempo son de 61 horas en lo que respecta a cargas y descargas de materia prima, elemental, subconjuntos, conjuntos y producto. Las otras 23 horas corresponden a la preparación del material en cada proceso, y finalmente se destinan 10 horas para lo que es el izaje del material, esto hace mención al equipo de manejo que emplean los operarios cuando llega el material para poder moverlo a la mesa de trabajo.

La información respecto a traslado se presenta en la Tabla 5.4.

Tabla 5.4. Descripción de traslados.

Nº	Descripción del traslado	Tiempo (Min)	Distancia (Mts)
1	Llegada de camión con materia prima hasta almacenamiento	20	200
5	Información de planos desde diseño a oxicorte /corte según sea el caso	20	250
6	Traslado de planchas a oxicorte (230 metros) y de barras a corte (30 metros)	240	260
7	Traslado de oxicorte a armado (250 metros) y de corte armado (20 metros)	240	270
8	Traslado piezas de armado a mecanizado (250 metros) / subconjuntos (-) armado a soldadura (30 metros)	240	280
9	Traslado de mecanizado a soldadura	120	250
10	Traslado conjuntos (-) brazos paralelos y pad a mandrinado/cuerpo transversal a proveedor externo	240	30
11	Traslado de mandrinado a pintura de los 3 conjuntos (-)	240	180
12	Traslado de los 3 conjuntos (-) de pintura a componentes hidráulicos más búsqueda de elementos ferreteria	240	350
13	Traslado del manipulador de neumático de pruebas finales a pintura	240	350
14	Traslado del manipulador de neumático de pintura a almacenaje	120	50
	Tiempo y distancias expresados en minutos y metros	**1960**	**2470**
	Tiempo y distancias expresados en horas y kilometraje	**33**	**24,7**

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

El tiempo empleado en la fabricación del manipulador en lo que respecta al transporte o traslado bordea las 33 horas, en las cuales se recorren alrededor de 24,7 kilómetros. Cabe destacar además que para el traslado de los materiales ya sean; elementales, subconjuntos, conjuntos o producto dentro de la planta se utiliza solo una máquina.

5.3.1.3 Análisis de las relaciones entre actividades

El diagrama de relación de actividades se presenta en la Figura 5.7 con su correspondiente simbología presentada en la Figura 5.8.

Figura 5.7. Matriz de Relación de Actividades.

ANÁLISIS DE RELACIÓN DE ACTIVIDADES "Manipulador de neumáticos"		Abastecimiento	Corte / Oxicorte	Armado	Mecanizado	Soldadura	Mandrinado	Pintura	Comp. Hidráulicos	Ensamble	Pruebas finales	Repintar	Almacén
1	Abastecimiento		A	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
2	Corte /Oxicorte			A	E	U	U	U	U	U	U	U	U
3	Armado				A	E	O	I	U	U	U	U	U
4	Mecanizado					A	O	U	U	O	U	U	U
5	Soldadura						A	I	I	I	U	U	U
6	Mandrinado							A	E	I	U	U	U
7	Pintura								A	E	I	U	U
8	Comp. Hidráulicos									A	E	U	U
9	Ensamble										A	U	U
10	Pruebas finales											A	U
11	Repintar												A
12	Almacenamiento												

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Figura 5.8. Simbología Diagrama de Relación de Actividades.

Código	Relación de Proximidad
A	Absolutamente necesaria
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Importancia ordinaria
U	No importante
X	Indeseable

Fuente: Elaboración Propia en base a Muther (1981), 2018.

El análisis de relación de actividades nos permite ver la proximidad entre una actividad y otra, de tal manera de ir identificando con categorías su nivel de importancia.

Consideración: Para este análisis solo se contemplaron los procesos internos a la planta, por un tema de visualizar de mejor manera la proximidad entre un taller y otro, pero para un futuro análisis se tiene que tomar en consideración los procesos externos (plegado y/o cilindrado, perforado y refrentado), ya que éstos son fundamentales para la elaboración del producto al representar el 29% del total del proceso de fabricación del producto. Otro punto importante es que la empresa considera que para la realización del Manipulador de Neumáticos se requieren 1.200 horas, lo que claramente es contradictorio al realizar el análisis del recorrido del material, ya que el cálculo basado en el factor movimiento muestra que para la fabricación de este producto se requieren alrededor de 1.640 horas, lo que equivale a un 37% más del tiempo que ellos estiman, lo que se ve reflejado claramente en los desfases en los plazos de entrega.

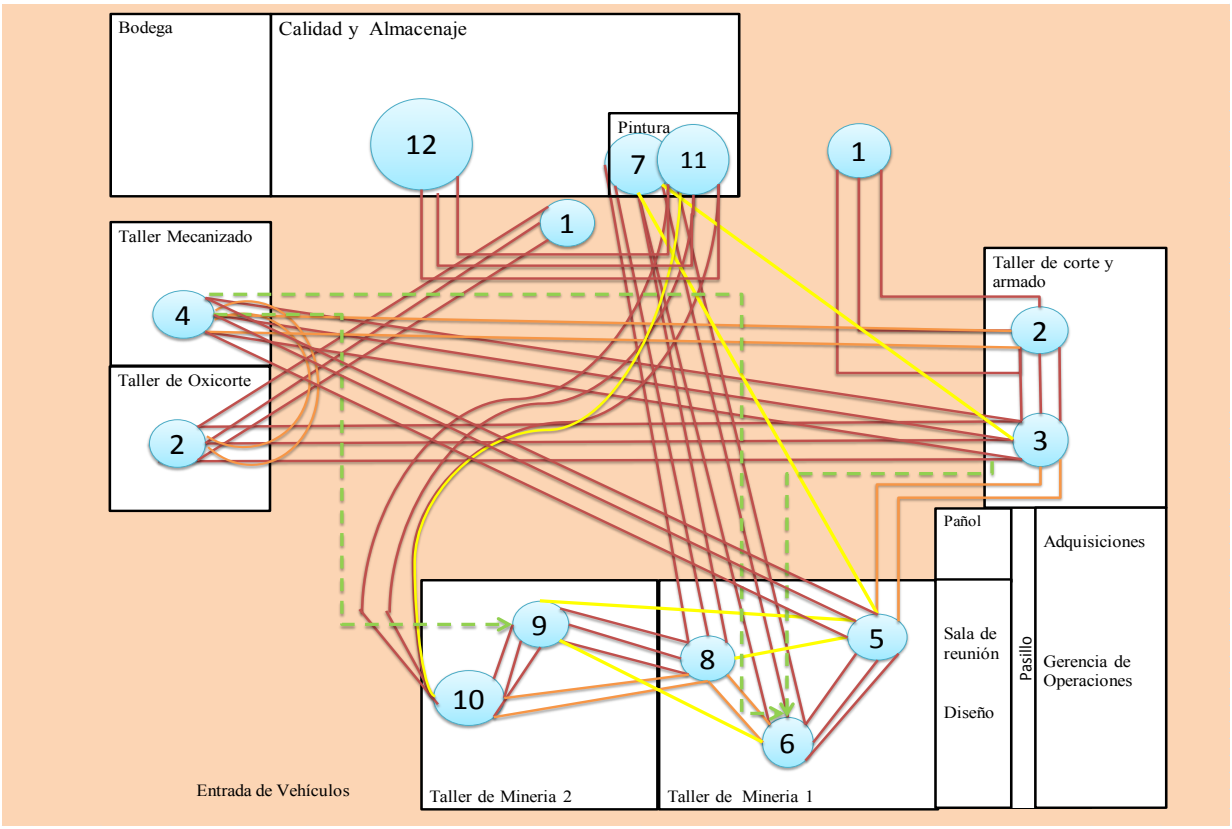
5.3.1.4 Desarrollo del Diagrama de Relaciones de las Actividades

El diagrama de relación de actividades (Figura 5.10.), esquematiza mediante el código de líneas (Figura 5.9.) la importancia de proximidad existente entre una actividad y otra.

Figura 5.9. Simbología del Diagrama de Relación de Actividades.

Fuente: Elaboración Propia en base a Muther (1981), 2018

Figura 5.10. Diagrama de Relación de Actividades



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

En el diagrama se pueden observar las relaciones absolutamente necesarias que indican que una operación tiene que realizarse seguidamente de la que procede, y eso a pesar de que suceda como proceso no sucede lo mismo a nivel de distancia.

Consideración: Se forman como mínimo 25 combinaciones de actividades con 26 cruces aproximadamente en todo el recorrido sin tomar en cuenta las reiteradas ocasiones en que estos viajes se realizan más de una vez al día, además no están implicado el viaje que realizan los operarios a bodega lo que genera largos recorridos entre un taller y otro, lo que provoca la pérdida de material y la congestión del flujo de circulación, existe también poca proximidad en actividades consideradas especialmente importante como las ordinariamente importantes. El almacenamiento de la materia prima se encuentra disperso y alejado del inicio de la primera etapa de transformación de material. En todos los procesos que se requiere montaje existen reiterados viajes en búsqueda de preparación de material como el de servicios auxiliares. Todos los traslados representados como absolutamente necesarios se realizan mediante una grúa horquilla.

Conclusiones de distribución de conjunto

Los datos e información que manejaba la empresa en base a sus procesos, flujo del material y recorrido no eran del todo confiables, por lo que se tuvo que examinar y estudiar nuevamente los datos, se encontraron varias discrepancias en relación a la información otorgada.

El siguiente listado pretende enumerar las diferencias entre los datos entregados por la empresa y los realizados en el estudio.

1. El total de horas que registra la empresa en fabricar el manipulador de neumático TH30G corresponde a 1200 horas hombre, mientras que en el estudio que se llevó a cabo mediante el factor movimiento se puede observar que el total de horas que se necesitan para fabricar el producto son de 1640 horas hombres. Todo esto se traduce en consecuencia de que la empresa no contemplo los tiempos de operaciones restantes (preparación de material, izaje y cargas y descargas realizadas en cada etapa del proceso)
2. Los planos que llegan a oxicorte y corte suelen presentar defectos en cuanto a las medidas y cantidades, lo que de momento no se ve perjudicial debido a que los operarios que se encuentran en taller están familiarizados con el tema, sin embargo, si se sustituyeran estos trabajadores podrían producirse pérdidas considerables tanto de material, como de tiempo y lo que finalmente se traduce en un alto costo. Se puede ver que el control de calidad es escaso en esta etapa, es casi imposible que exista un 8% de

control en proporción a 71% de operaciones. Por ende, se debería contemplar la idea de realizar una inspección en esta etapa de la cadena.

3. Se emplean muchos tiempos en distancia, se pudo observar que se recorren alrededor de 24,7 kilómetros de distancia en la fabricación del manipulador.
4. Existe solo una grúa horquilla para mover todos los elementales de un lado a otro, además que paralelo a ello pueden quedar subconjuntos listos que requieren de esperas considerables para poder ser trasladados, lo mismo ocurre cuando se forman los conjuntos y requieren de la siguiente operación o de una adicional. Ejemplo: Mientras un elemental es llevado a mecanizado, el subconjunto menor que está en el armado requiere moverse a soldadura, mientras que un conjunto puede requerir pintura, y existe una sola máquina para poder realizar estos 3 movimientos, es por eso que se generan esperas. Lo mismo se puede observar desde el punto de vista del tiempo empleado, 33 horas solo destinado a traslado es demasiado.
5. Se pudo ver también en relación a las esperas que la mayor parte se produce por dependencia de proveedores con un total de 139 horas, lo que implica alrededor de un 29% de toda la fabricación del producto dejarla en manos de terceros, además se debería considerar el tema de poseer un stock de seguridad, porque independiente no sea una producción en cadena, el material siempre debe estar disponible, lo mismo sucede con equipos auxiliares que necesiten los trabajadores o el de no tener los implementos de ferreterías a mano, debido a que el trabajador interrumpe su labor con idas y vueltas en busca del material, un simple ejemplo es cuando el trabajador está en soldadura y tiene que ir a bodega a buscar implementos, recorre más de 700 metros al día en ir y volver, sin contar si necesita nuevamente otra herramienta, y más aún si ésta

no está disponible. Los talleres podrían disponer de estanterías portátiles o móviles con acceso a herramientas pequeñas para el operador.

6. Respecto a la dependencia de proveedores se puede implementar un plan de acción de manera de trabajar en conjunto con el contratista ante la falta de personal, o ver la opción de incurrir en una inversión que le permita a la empresa realizar a ellos la mayor parte de los procesos que se externalizan.
7. Los espacios no están bien distribuidos dentro de los talleres, podrían considerarse ciertos puntos de cada galpón para dejar elementales, subconjuntos, y conjuntos según sea el caso.
8. Entre oxicorte y mecanizado podría implementarse la opción de un acceso directo para que el material se encuentre en constante movimiento sin la necesidad de depender de una máquina, o de un esfuerzo extra por parte del trabajador.
9. Se pudo observar la duplicación del proceso de pintura al afinar “detalles” si bien se está entregando un producto de calidad, este podría ubicarse de manera intermedia dentro de la cadena, pero de una manera mucho más accesible al operación de pruebas finales.

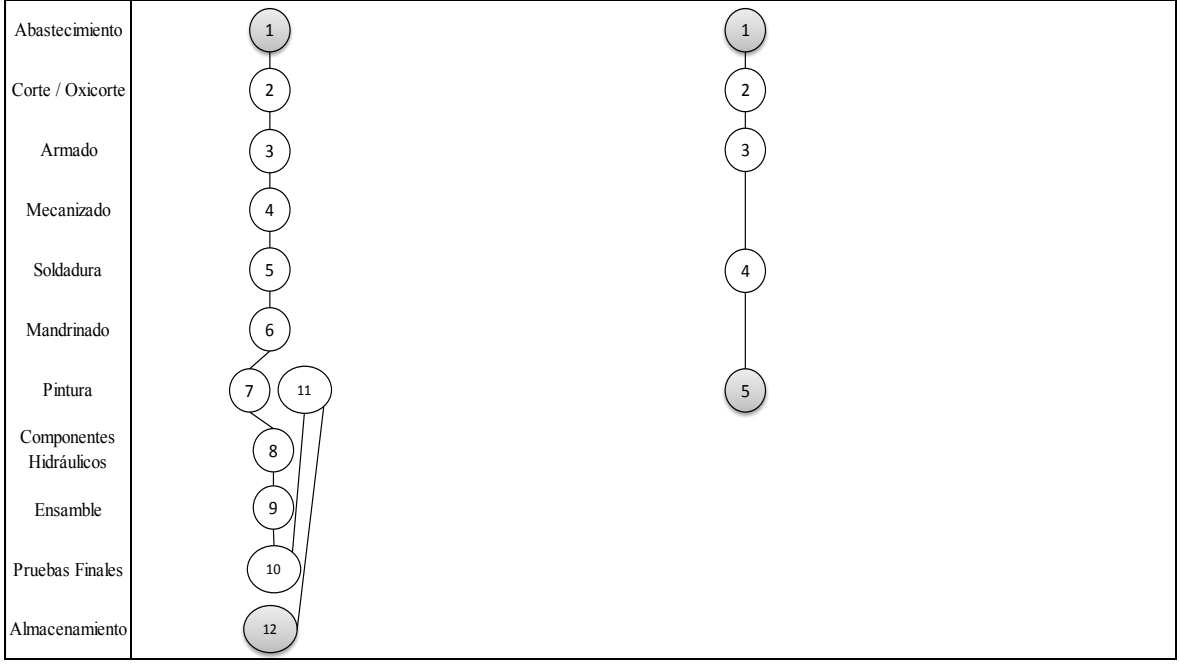
5.3.2 Factores involucrados

En este ítem se pretenden detallar e inspeccionar todos los factores involucrados en el proceso que tienen directa relación con el movimiento del material.

5.3.2.1 Factor Material

Tabla 5.5. Comparación de elemental.

	Cantidad	Mayor tamaño	Medidas	Peso	Tiempo de corte	Espesor	Menor tamaño	Medidas	Peso	Tiempo de corte	Espesor
Elementales	163	Plancha lateral principal	3460 x 1140 mm	878,16 Kg	1 hr 46 min	38 mm	Fijador esquinero	80 x 80 mm	0,41 Kg	20 min	8 mm



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Para la realización de la tabla de comparación se analizó dos elementales del Manipulador de Neumático TH30G, el de mayor tamaño y el de menor tamaño. Observándose que el elemental de mayor tamaño (plancha lateral principal) pasa por todos los procesos de fabricación, por ser un elemental que se le adhieren piezas más pequeñas, mientras que el

elemental de menor tamaño (fijador esquinero) no pasa por todos los procesos de fabricación, debido a que después de soldadura y pintura, éste es adherido a una pieza más grande. Se puede concluir que el elemental de mayor tamaño pasa por todos los procesos por ser una pieza principal para la formación del subconjunto, conjunto y producto terminado.

Para obtener el volumen total del producto y como se va conformando, se analiza sólo el elemental de mayor tamaño que pasa por todos los procesos, de manera que al crear el modelo de flujo de circulación se otorgue una mayor flexibilidad.

En armado, la plancha lateral principal (elemental mayor tamaño) se une con tres principales elementales para formar el subconjunto menor del producto, obteniéndose un volumen de 2,2 m^3. En soldadura se le agrega dos componentes más (cámara y corona), formándose el conjunto menor con un volumen de 3,5 m^3 para luego ser pintado. Finalmente, se le agrega los demás conjuntos mayores (brazos laterales y pad de rotación más el soporte corona II), formando el Manipulador de Neumático TH30G con un volumen total de 5,7 m^3 para su posterior pruebas finales y almacenamiento.

Consideración: El volumen máximo ayuda a comprender la configuración mínima de espacio que debiese ser considerado entre cada galpón, lo que equivale a un volumen de 5,7 m^3, para fines de otorgar más flexibilidad al movimiento y así evitar congestión entre departamentos o áreas. Al analizar este producto no se necesita compararlo con ningún otro que elabore la empresa, ya que el Manipulador es el producto más complejo y con mayor dimensión que realiza la empresa, por ende no va a influir el flujo en los demás productos.

5.3.2.2 Factor Maquinaria

En la Tabla 5.6 se presentan los detalles de los procesos por maquinaria.

Tabla 5.6. Resumen maquinaria.

Talleres	Proceso	Maquinaria	Dimensiones	Cantidad de maquinaria	Cantidad de hombres	Estado de Maquinaria	Categoría	Requerimientos
Oxicorte	Oxicorte	Mesa de oxicorte y plasma	5 x 10 mts	1	1	Activa	Elaboración	Ventilación, Conexiones Elementos de apoyo y soporte Movilidad, Controles y cuadros de mando
		Puente grúa	8 x 4 mts 10 toneladas	1		Activa	Montaje	
Exterior	Equipo de manejo	Grúa horquilla		1	1	Activa	Montaje	
Corte y armado	Corte y armado	Taladro pedestal grande	1,2 x 1,5 x 2,5 mts	1	1	Activa	Elaboración	Ventilación, Conexiones Elementos de apoyo y soporte Movilidad, Controles y cuadros de mando
		Taladro chico	0,6 x 1,1 x 1,6 mts	1	1	Activa	Elaboración	
		Sierra N°1	0,9 x 1,6 x 1,1 mts	1	1	Activa	Elaboración	
		Sierra N°2	0,7 x 1,4 x 1 mts	1		Activa	Elaboración	
		Puente grúa	3 toneladas	2		Activa	Montaje	
Sección de Mecanizado	Mecanizado	Torno grande		1		Activa	Elaboración	Ventilación, Conexiones Elementos de apoyo y soporte Movilidad, Controles y cuadros de mando
		Torno chico		1		Inactiva	Elaboración	
		Fresa grande		1	1	Activa	Elaboración	
		Fresa chica		1		Inactiva	Elaboración	
		Taladro de pedestal		1		Inactiva	Elaboración	
		Esmeril de banco		1		Activa	Elaboración	
		Prensa hidráulica	3 x 4 x 0,25 mts	1	1	Activa	Elaboración	
Minería 1	Soldadura Mandrinado y Componentes hidráulicos	Equipos de mandrinado	0,7 x 1,1 x 0,9 mts	3	1	Activa	Elaboración	Ventilación, Conexiones Elementos de apoyo y soporte Movilidad, Controles y cuadros de mando
		Máquina de soldar	0,6 x 0,9 x 0,55 mts	1	1	Activa	Elaboración	
		Máquina de soldar	0,7 x 1,2 x 1,8 mts	9	9	Activa	Elaboración	
		Máquina de soldar	0,6 x 0,7 x 0,9 mts	1		Inactiva	Elaboración	
		Puente grúa	3,5 x 10 mts 10 toneladas	1		Activa	Montaje	
Entre taller minería 1 y 2	Equipo de manejo	Rampla		1		Activa	Montaje	
Minería 2	Ensambles y Pruebas finales	Izaje	15 x 15 x 4 mts	2	1	Activa	Montaje	Ventilación, Conexiones Elementos de apoyo y soporte Movilidad, Controles y cuadros de mando
		Puente grúa	4 x 15 mts 16 toneladas	1		Activa	Montaje	
Cabina de Pintura	Pintura	Cabina de pintura	3 x 5 mts	1	1	Activa	Elaboración	Ventilación
Total				**36**	**20**			

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Lo primero que hay que destacar es que las filas que están en color morado significa que entre un taller y otro se emplea la grúa horquilla, la cual es realizada por un trabajador, para efectos de una mejor visualización es que se planteó de esta manera.

Ahora bien, la información recopilada nos muestra una idea clara de la cantidad de máquinas con las que cuenta la empresa que son alrededor de 35, sin embargo 4 se encuentran inactivas por lo que utiliza un total de 31 máquinas, las que a su vez están distribuidas para un total de 20 operarios. Las cantidades de hombres mencionados en la tabla hace referencia a los trabajadores que se encuentran fijos en su puesto de trabajo, pero suele ser aleatorio al momento de realizar ciertas operaciones, por ejemplo, en las operaciones en que se realiza armado, incorporación de componentes hidráulicos y ensamble son los mismos trabajadores que realizan la soldadura.

Destacar que las máquinas que se encuentran inactivas se deben a que se encuentran obsoletas.

La planta cuenta con cinco puentes grúas y dos izajes, en lo que concierne a los puentes grúas existen 2 en el taller de corte y armado, 1 en oxicorte, 1 para el taller de minería 1, y otro para el taller de minería 2, éste último a su vez cuenta con dos izajes para poder realizar el ensamble del producto final. En cuanto a las capacidades de levante de los puentes grúas, son de 10 toneladas en oxicorte, 3 toneladas para cada puente en el taller de corte y armado, 10 toneladas y 16 toneladas respectivamente para los talleres de minería 1 y 2.

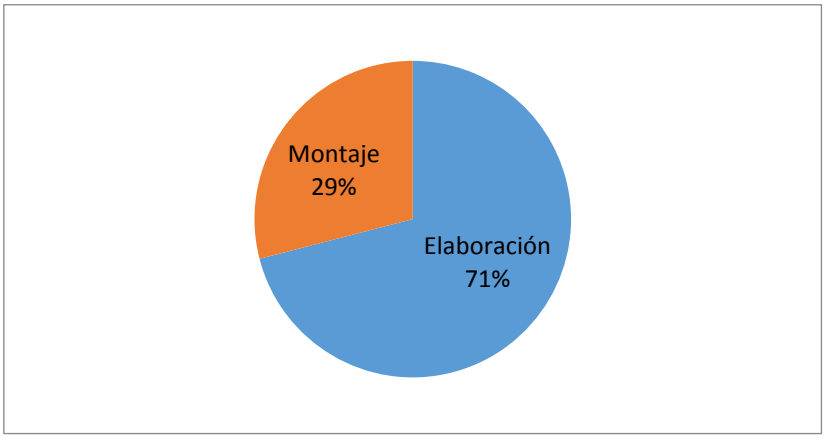
Para el manejo de los conjuntos mayores entre el taller de minería 1 y el taller de minería 2 se utiliza una rampla de conexión en la que se requiere ayuda de 2 a 3 operarios.

Todos los galpones necesitan de tener una buena ventilación, conexiones, elementos de apoyo y soporte, movilidad, controles y cuadros de mando, para facilitar la utilización de las máquinas y la seguridad de sus trabajadores.

Consideración: Para el proceso de mandrinado es complicado tener un control y cuadros de mando por ser una operación que requiere de mucha manualidad.

A continuación, se muestra un gráfico de torta que desglosa en porcentajes de lo que corresponde a elaboración y montaje del material realizados en la empresa.

Gráfico 5.4. Distribución según montaje o elaboración.

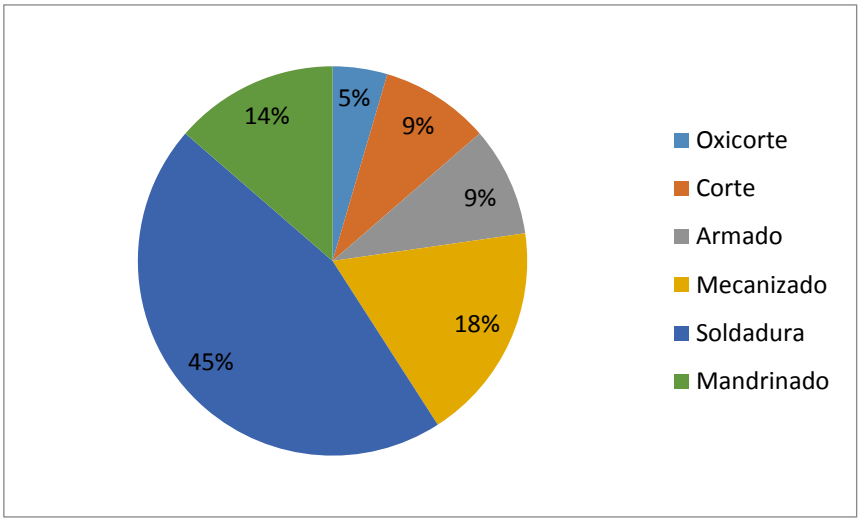


Fuente: Elaboración Propia, 2018.

De las 31 máquinas activas el 71% se emplean para la elaboración del material, mientras que el 29% se utiliza para el montaje de material.

Consideración: De los 4 procesos externos, 3 corresponden a elaboración, y uno a tratamiento, por lo que incluir estas operaciones de elaboración no debería significar un mayor problema para la empresa.

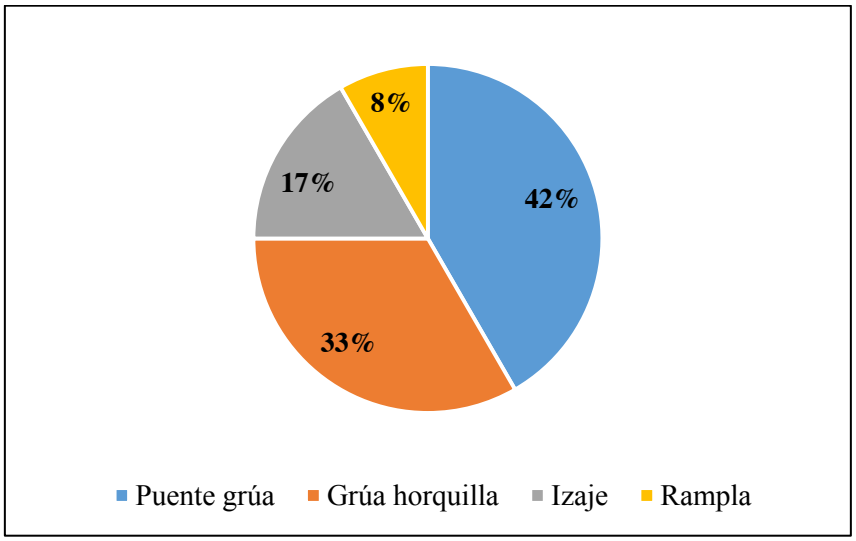
Gráfico 5.5. Distribución según proceso en elaboración.



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Se puede observar mediante el gráfico de torta que el proceso que contiene más maquinarias para realizar la elaboración del material es soldadura con un 45%, luego se encuentra mecanizado y mandrinado con un 18% y 14% respectivamente.

Gráfico 5.6. Segmentación del montaje.



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

El gráfico de montaje refleja los equipos de manejo que se emplean, por lo que se observa que un 42% es utilizado por los puentes grúas, un 33% corresponde a la grúa horquilla, mientras que el izaje es utilizado un 17%, por encontrarse sólo en el taller de minería 2, las cuales son utilizadas para la operación de ensamble y finalmente, se encuentra la rampla con un 8% esto debido a que solo se requiere para mover el conjunto entre el taller de minería 1 y 2.

5.3.2.3 Factor Hombre

Tabla 5.7. Resumen de factor hombre.

Talleres	Cantidad de hombres	Obstáculos en el suelo	Operarios demasiado cerca de procesos peligrosos	Salidas o pasillos bloqueadas	Extintores de fuego y botiquines	Exposición a frío o calor	Luz inadecuada	Poca ventilación	Exceso de ruidos	Puesto de trabajo congestionado
Oxicorte	1	Pallets	No	No	No	Si	No	No	No	No
Corte y armado	Corte: 1 Armado: 2	No	No	No	No	Si	No	No	No	No
Mecanizado	2	Residuos	No	No	No	Si	No	No	No	No
Soldadura, mandrinado y componentes hidráulicos	Sold: 10 Mand: 1	No	Si	No	Si	Si	No	No	Si	Si
Ensamble y pruebas finales	1	No	No	No	No	Si	No	No	No	No
Pintura	1	No	No	No	No	Si	No	No	No	No
Grúa Horquilla	1	Si	No	Si	No	No	No	No	No	Si

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

En el puesto de componentes hidráulicos no hay trabajadores fijos, ya que los de soldadura y armado apoyan este proceso. Pasa algo similar en ensamble y pruebas finales porque hay solo un trabajador fijo, por lo que también los de soldadura y armado ayudan en estas operaciones.

Consideraciones: El taller de soldadura, mandrinado y componentes hidráulicos es en donde hace más falta una supervisión de tareas y espacios, debido a que al momento de estar

incorporando los componentes hidráulicos hay operarios soldando otros productos y esto es peligroso porque se pueden sufrir diversos incidentes y además se forma congestión entre un proceso y otro.

Los talleres no tienen problemas con la ventilación del lugar ni con la luz, pero si les falta tener extintores y botiquines en todos los talleres, debido a que los trabajadores se encuentran expuestos de forma permanente a varios tipos de accidentes. Referente a la jornada laboral de los trabajadores se realizan en un solo turno (diurno) con un total de 45 horas semanales, y cuando se requiere cumplir con las fechas de entregas que van con retrasos, se les ofrece a los trabajadores el realizar horas extras (empleando turnos nocturnos)

Falta tener un mejor control en donde dejar los pallets vacíos en oxicorte y los residuos en mecanizados, porque de lo contrario se vuelve complejo y demoroso. El problema de no tener un control de los trabajadores es que se generan tiempos ociosos, por lo que no se conoce realmente el tiempo de productividad de cada uno de ellos, más que del tiempo global de realizar el producto marcado en OT (orden de trabajo), esto genera deficiencia en cuanto a la supervisión y seguimiento de los trabajadores.

Para ser productos tan complejos y que requieren de un nivel elevado de conocimiento deberían tener al menos 5 trabajadores, ya que 20 operarios son muy pocos para tantas tareas y actividades que requiere el producto en particular, recordar que es mejor prevenir que estar utilizando medidas correctivas que puedan estar fuera de plazo, u otra opción puede ser la de capacitar a los trabajadores a que sepan realizar más de un proceso, cosa de que si falta personal en un área, esta pueda suplir el reemplazo de forma inmediata.

5.3.2.4 Factor Espera

Para poder establecer un buen análisis es necesario comprender que el factor espera se subdivide en dos situaciones básicas, la primera desde un punto de espera fijo, apartado al flujo, mientras que el segundo pertenece a un circuito alargado de flujo ampliado, éste último deberá emplearse cuando los modelos varíen demasiado para ser movidos fácilmente. Actualmente la planta posee un almacenamiento centralizado, el que le permite concentrar todos los elementos de ferretería, servicios auxiliares en un mismo taller, sin embargo, la distancia a la que se encuentra de todos los galpones que interaccionan con él es excesivamente alejada. Lo que provoca pérdidas considerables de tiempo en los trabajadores que al acceder al material necesitan recorrer grandes distancias al día.

Tabla 5.8. Resumen Factor Espera.

Elementos o particularidades	
Almacenaje de materia prima	Exterior
Almacenaje de material tercializado	Bodega
Almacenaje dentro del proceso	Oxicorte y corte / Armado/ Mecanizado /Comp. hidráulicos / Ensamble
Demora entre dos operaciones	Oxicorte y armado/ corte y armado / Soldadura y Mandrinado por depender de proveedor externo
Área de almacenaje de productos acabados	Almacenaje
Almacenaje de residuos	Fuera de mecanizado
Almacenaje de maquinaria	Almacenaje
Consideraciones que pueden afectar la distribución	
Almacenaje o espera en relación al circuito recorrido	Espera en el acople de material que sale de oxicorte y corte, y esperas por proveedor 139 horas.
Limitaciones de altura	En ningún taller
Espacios de acceso para personal	Amplios
Métodos de almacenaje	
Aprovechamiento de las 3 dimensiones	Si, en taller oxicorte de corte y armado, taller de minería 1 y 2
Almacenamiento de acuerdo con la clasificación de material	No lo realizan
Espacio de reserva para periodos de sobrecarga	No contemplado

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

. **Consideraciones:** Las demoras que se producen son entre el proceso de oxicorte a armado debido a la espera del conglomerado de elementales del producto, muchas veces esto proviene de la materia prima que no llega en el tiempo estipulado o simplemente por falta de stock de las planchas de acero, para el proceso de corte y armado ocurre algo similar, mientras que en las operaciones de soldadura y mandrinado se realizan demoras por parte del proveedor. Los residuos que salen de mecanizado y de cualquier otro taller se guardan en las afueras de este taller en contenedores de basura que están identificados para tipo de residuo en particular, según sea el caso.

Los productos terminados y máquinas inactivas se encuentran dentro de los mismos talleres, lo que hace que se generen dificultades en el movimiento de material, hombre y máquina (puentes grúas)

Respecto a las consideraciones que puedan afectar a la distribución se hace mención al stock de materia primas y las esperas de proveedor externo, en las que ésta última bordea las 139 horas de esperas (75 horas de mandrinado, 40 horas de plegado y/o cilindrado y templado y 24 horas de perforado y refrentado), que independiente se realicen en paralelo a las operaciones de la empresa estas requieren de ciertos materiales para poder realizar el montaje completo del producto.

En los métodos de almacenajes el aprovechamiento de las 3 dimensiones se realiza en los galpones de oxicorte, corte y armado, y en los talleres de minería 1 y 2.

El espacio que está destinado almacenaje si bien resulta ser bastante amplio no daría abasto a periodos en que la demanda se vea incrementada.

Tabla 5.9. Resumen deterioros y mermas.

Salvaguardas para el material	Taller	Almacenaje /Espera	Fuego	Humedad	Polvo y suciedad	Deterioros y mermas
Materia prima (planchas)	Exterior	Almacenaje	No	Si	Si	-
	Oxicorte	-	No	No	Si	Restos de plancha
Materia prima (barras)	Exterior	Almacenaje	No	Si	Si	-
	Corte y armado	-	No	No	Si	Restos de barras
Elementales	Oxicorte	Espera	No	No	Si	Piezas defectuosas
	Corte y armado	Espera	No	No	Si	Piezas defectuosas
	Mecanizado	-	No	No	Si	Residuos del material sobrante
Elementos de ferretería	Corte y armado	Almacenaje	No	No	No	-
	Comp. Hidráulicos	Almacenaje	No	No	No	-
Subconjuntos (+) conjuntos (-) conjuntos (+) Producto	Corte y armado	Espera	No	No	No	
	Taller Minería 1	Espera	Si	No	Si	Residuos del material sobrante
	Taller Minería 2	Espera	No	No	No	-

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Para ver el recorrido de todo el flujo fue necesario crear la tabla de la fabricación del producto, puntos importantes a destacar son que el almacenaje de la materia prima queda en el exterior por lo que se ve expuesta a la humedad, suciedad y polvo.

Las mermas, son todas las piezas que hayan quedado defectuosas en la elaboración de elementales, que correspondería a procesos de oxicorte y corte.

Los elementos de ferretería se almacenan en bodega y son utilizados en el taller de corte y armado, como también en el de los componentes hidráulicos. Cuando el producto pasa de convertirse en elemental a subconjunto o conjunto se pueden producir esperas en el taller de corte, armado, y de manera sucesiva en los talleres de minería 1 y 2.

Consideración: El material y/o elementos que se encuentran almacenados en bodega no están al alcance inmediato de los operarios, la protección y control del material en espera es deficiente, además las piezas no poseen una identificación ni contaje rápido.

5.3.2.5 Factor Servicio

Tabla 5.10. Resumen factor servicio.

Tipos de servicios	Observaciones
Relativos al personal	En general la planta tiene una buena instalación para el personal, porque cuentan con buen acceso de entrada y salida para las personas, buena ventilación, iluminación, estacionamientos de vehículos, baños, duchas, vestuarios, casino, entre otros. Pero, en donde se encuentran deficiente es en la limpieza y recogida de desperdicios porque en ocasiones no son realizadas de forma inmediata, retrasando los procesos que le continúan. Falta más control del tiempo de productividad de cada trabajador además de la protección de la planta, es decir instalar más alarmas, detectores, extintores, salidas de emergencia.
Relativos al material	La planta posee con elementos de prueba y verificación y recolección de desperdicios, los cuales son reciclados por externos. Falta más puntos de inspección para cada proceso de fabricación, más espacios para identificación del material, más elementos de planificación y control.
Relativos a la maquinaria	Tienen buena electricidad para el proceso e iluminación, transformadores. Poseen una mala distribución de las máquinas en los talleres respecto al espacio disponible, otro punto importante es que tener 4 máquinas inactivas solo producen pérdida de espacio y exceso de congestión. Debería contemplarse la opción de comprar maquinaria nueva para el taller de oxicorte, además de reemplazar las obsoletas
Otras consideraciones	Falta más métodos y procedimientos de control de calidad e inspección y procedimiento para la planificación de la producción, programación, lanzamiento e impulsión del trabajo. Identificar la pieza de mayor tamaño para así saber el mínimo de espacio que se requiere para que fluya sin problemas dentro del taller. Falta de procedimientos de mantenimiento preventivos.

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

5.3.2.6 Factor Cambio

Tabla 5.11. Resumen factor cambio.

Tipos de cambios	Observaciones
Cambios en el material	Al no elaborar productos estandarizados, la planta se ve expuesta a constantes cambios en los diseños de sus productos. La demanda es tan impredecible para la planta que no tienen un adecuado plan al momento de aumentar de forma considerable su producción.
Cambios en la máquina	Hay máquinas que se encuentran inactivas u obsoletas y aún están en el puesto de trabajo ocupando espacio que se podría utilizar para otros procesos. Se va a evaluar más profundamente el hecho de realizar cambios en la maquinaria.
Cambios en el personal	No trabajan una gran cantidad de operarios en la planta, lo que provoca que tengan que realizar varias tareas u horas extras. Al momento de encontrarse con demasiada demanda se contrata más personal por una corta temporada (lo que muchas veces produce retrasos en encontrar personal capacitado para el puesto).
Cambios en las actividades auxiliares	La planta posee pasillos amplios, buen acceso del personal, buena ventilación e iluminación dentro de los talleres. Por otro lado, tienen un deficiente mantenimiento debido a que son realizadas cada 2 o 3 meses y en ocasiones son mantenciones correctivas y no preventivas, lo que provoca una demora en la producción, no tienen un buen control de calidad al momento de identificar bien los elementales una vez realizadas las operaciones de oxicorte y corte, además no poseen un buen control de los desperdicios porque en ocasiones se encuentran en los suelos, provocando demoras en los traslados de las piezas.

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

5.3.2.7 Factor Edificio

No aplica, debido a que el enfoque que tiene el tema de estudio va regido al movimiento del material independiente de la infraestructura del lugar.

Conclusiones del plan detallado

Los puntos críticos que presenta la planta en cuanto al flujo de material desde que se transforma hasta que se monta el producto son:

1) La materia prima queda almacenada en el exterior sin protección, la cual se ve expuesta a daños por las condiciones climáticas que se puedan presentar, como también el daño del entorno del lugar, polvo y suciedad.
2) Las planchas y barras al estar al exterior pueden llevar a recorridos más largos y congestión del flujo de movimiento de la grúa horquilla.
3) La materia prima se encuentra muy distanciada de los talleres en los que se da inicio a su transformación.
4) Una vez realizado el proceso de oxicorte el operador con ayuda del puente grúa va moviendo las piezas a los pallets en los que sitúa el acople, sin embargo, la capacidad de la mesa de oxicorte no da abasto para satisfacer la cantidad elementales que requieren ser cortados, debido a la vida útil de la máquina. Un solo operario para realizar toda esta operación no resulta ser eficaz, ya que se requiere de 50 horas en la realización de oxicorte.

5) Las piezas que salen de la mesa de oxicorte están mal identificadas en lo que respecta a medidas y cantidades, además el acople de los elementales no se segmenta por el tipo de conjunto al que van dirigidos, lo que en consecuencia se traduce en invertir nuevamente en materia prima por fallas en las medidas, y confusión de elementales para etapas siguientes de montaje.
6) Mala distribución dentro del taller de oxicorte para el espacio que posee.
7) El traslado lo realiza la grúa horquilla, pero la mayoría de las veces este equipo se encuentra ocupado realizando otros traslados de conjuntos de otros productos, por lo que debería existir otro equipo para que realicen funciones paralelas y así evitar los retrasos en los tiempos de entrega.
8) Después de la operación de oxicorte, se realiza el plegado o cilindrado dependiendo de lo que necesite la pieza, pero al no contar con estas máquinas especializadas para la realización de estos procesos es que se mandan a tercerizar. Es aquí donde se produce el problema con el proveedor, porque éste último no cumple con las fechas de entregas acordadas.
9) La distancia entre el taller de oxicorte a armado equivale a 250 metros contemplando los regresos que se tienen que realizar al traer nuevamente el segundo conglomerado de piezas, por lo que este galpón debiese quedar al lado del siguiente proceso para que el material se mueva lo menos posible.
10) En la realización del armado se empieza a realizar el encaje de las piezas, pero la mayoría de las veces se requieren de implementos que están en bodegas en donde el operario recorre alrededor de 280 metros al día al no encontrarse stock suficiente. Para el armado se dispone de 2 trabajadores fijos, por lo que no es

suficiente para una operación que tarda alrededor de 450 horas y para cubrir esta operación es que se tiene que incurrir en apoyo de los trabajadores de soldadura, que la mayor parte del tiempo se encuentran ocupados.

11) Existen piezas que son enviadas directamente a soldadura, mientras que otras a mecanizado, en donde para el caso del taller de soldadura ocurre nuevamente lo mencionado en el punto 7, pese a que el galpón se encuentre relativamente cerca se emplea la utilización de la grúa horquilla, la cual está ocupada moviendo el material a mecanizado, por lo que hay que esperar que se encuentre desocupada. En mecanizado se tienen 4 máquinas activas y dos trabajadores, el proceso tiene una duración de 70 horas por lo que utilizar solo dos máquinas también podrían producir un cuello de botella. En cuanto a las piezas que provengan de oxicorte se concluye manejo innecesario de equipo y material.
12) Las piezas que posteriormente son enviadas a soldadura recorren 270 metros, por lo que se observa pérdidas de elementales en el transcurso del viaje, esto pudo ser identificado gracias a los soldadores que señalaron que el inventario que debería llegar de piezas de mecanizado no es congruente. Existen zonas en el exterior en donde el suelo no es cemento, por lo que encontrar un elemental tarda horas, y si éste no se encuentra se tiene que volver a fabricar.
13) La operación de soldadura se compone de 10 máquinas activas para un total de 10 operarios, es el proceso donde más trabajadores tienen, por lo mismo es que los soldadores dan apoyo cuando se encuentran disponibles a las operaciones de armado, componentes hidráulicos y ensamble.

14) Luego se realizan las operaciones de perforado y refrentado, pero éstos se mandan a tercerizar por no tener las maquinarias adecuadas. El único problema presente en este punto es la espera que tienen estos elementales dentro del galpón, debido a que no hay un espacio asignado para ellos lo que provoca desorden y congestión del espacio disponible.

15) El mandrinado no presenta mayor inconveniente en cuanto a distancias, debido a que está a 30 metros de soldadura. El problema que se presenta cuando las piezas llegan por parte del proveedor externo (perforado y refrentado) viene dado por el atraso, como también del espacio de almacenaje para estos elementales. En lo que respecta directamente al mandrinado existe una complicación debido a la manualidad que requiere esta operación, debido a que el trabajador tiene que poseer un elevado conocimiento. Además, la empresa cuenta con tres máquinas, de las cuales solo se emplea una, lo que es ilógico debido a que la realización de este proceso toma alrededor de 150 horas y es en donde más se originan cuellos de botella. Todo esto porque la empresa no sabe hacer uso eficiente de la maquinaria disponible, si existen 3, deberían existir al menos un operario más que sepa realizar éste tipo de proceso; porque si el trabajador actualmente asignado se enferma, no existe reemplazo inmediato.

16) El traslado desde mandrinado a pintura es de 180 metros, este viaje se recorre 3 veces, una para cada conjunto mayor (cuerpo transversal, brazos paralelos, soporte corona) no se pueden mover todas al mismo tiempo en un solo traslado, debido al desfase de tiempo que suele ocurrir de vez en cuando entre un conjunto y otro.

Mismo problema que el planteado en el punto 8 lo que da un total de 540 metros recorridos para la fabricación completa del producto.

17) En pintura no se observan mayores inconvenientes en lo que respecta a la cantidad de trabajadores, debido a que una sola persona destinada a esta sección cubre completamente el puesto de trabajo, pero al ser una operación considerada como absolutamente necesaria para los procesos posteriores a mandrinado y pruebas finales es que su proximidad deber ser cercana.

18) En la operación de los componentes hidráulicos existen retrasos originados por pérdida de implementos de ferretería de menor tamaño, como por ejemplo: los tapa pasadores, piezas que al no disponer de una estantería cerca se pierden en el flujo de circulación. También existen retrasos en la llegada de los cilindros que compran en el exterior, debido a que éstos son importados.

19) Para el ensamble no existen mayores inconvenientes en la distancia con los componentes hidráulicos debido a que el traslado entre estas operaciones se realiza por medio de la rampla, sin embargo requiere de mayor mano de obra para ejecutar este movimiento por el tamaño de los conjuntos.

20) El ensamble de los conjuntos mayores dura alrededor de 251 horas, tiene que ser realizado mínimo por 3 trabajadores, y la planta cuenta solo con un trabajador disponible en esta sección, lo que afecta directamente el factor hombre.

21) En cuanto al movimiento del producto desde ensamble a pruebas finales no presenta mayor dificultad, ya que los izajes dispuestos en el galpón ayudan en el manejo del mismo.

22) El problema que se presenta en las pruebas finales es de no poseer dentro del galpón los implementos de calidad al alcance de los trabajadores.

23) El traslado desde pruebas finales a pintura es de 350 metros llegando así a bordear 1,05 kilómetros de recorrido.

24) Luego de realizar los retoques al producto final en el taller de pintura y realizadas las pruebas por control de calidad se manda a almacenar a una distancia de 50 metros, y se mueve mediante la grúa horquilla, la que presenta demoras por estar empleada en otra actividad.

25) Se puede observar una incorrecta supervisión dada las limitaciones del espacio físico como está distribuida la planta.

26) Las deficiencias que presenta el factor servicio son la limpieza de desperdicios, el espacio utilizado dentro de los talleres para dejar las máquinas inactivas que ocasionan congestión, falta mejor control, programación y seguimiento de la productividad realizada por cada operario, además se pudo observar la falta de procedimientos ante acciones preventivas cuando se requiere de mantención de maquinaria.

27) El factor cambio se ve directamente involucrado en los periodos en que aumenta la demanda, ya que el modelo que tienen actualmente no se ajusta a una buena flexibilidad, variabilidad y adaptabilidad debe contemplar toda planta.

28) La empresa se acota mucho al rubro minero cuando en realidad con la ingeniería que poseen pueden lograr expandir mucho más su cartera de clientes.

5.4 Como planear la distribución

Mediante el análisis del factor movimiento y de los otros factores involucrados que afectan la distribución en planta se pudo observar que a raíz de los hechos que fueron medidos el problema sigue siendo el mismo, por ende, para llevar a cabo el mejor flujo que deberá contemplar la empresa es alcanzando los objetivos básicos definidos al inicio del método.

Para poder realizar esta etapa es necesario considerar todas las conclusiones, observaciones y particularidades elaboradas principalmente en cada investigación realizada al factor movimiento (distribución de conjunto), y el de los otros factores involucrados (distribución al detalle).

5.4.1 Análisis del producto

Como ya se ha mencionado en reiteradas oportunidades, el producto a analizar en profundidad es el manipulador de neumáticos por ser el más complejo en su fabricación, ya que es el que tiene un mayor volumen de 5,7 m^3 y pasa por todos los procesos de fabricación tanto internos como externos, ocurre algo similar con el enrollador de cable, solo que este mantiene un volumen un poco más pequeño.

En lo que respecta a los productos de alta rotación como el balde 980 y dedos hidráulicos son productos que si bien pueden aparentar ser simples requieren de la misma secuencia de operaciones que realiza el producto estrella, mientras que el balde 980 en particular no pasa por los componentes hidráulicos.

En conclusión se puede observar que pese a la variedad en los diseños, definir la secuencia del Manipulador Neumáticos TH30G permite ajustar el mejor patrón o flujo de

movimiento que deberá reconocer la empresa, ya que este modelo basado en la secuencia de operaciones mediante la distribución por producto crea el patrón eficiente independiente del tamaño y volumen que tenga cada producto. De esta manera se accede a tener una mayor flexibilidad en la secuencia de operaciones.

5.4.2 Determinación de la circulación o flujo

1) Eliminar las distancias de la entrega de información de diseño a oxicorte y corte, empleando nueva tecnología en el taller, de manera que los datos del producto puedan enviarse de forma inmediata mediante una computadora.

2) Tener stock de materia prima de planchas y de barras.

3) Situar la materia prima dentro del primer taller de transformación (Oxicorte y corte según sea el caso) Para oxicorte modificar máquina.

4) Oxicorte y corte deben realizarse en el mismo galpón.

5) La materia prima debe acoplarse según su grosor

6) Una vez cortadas las planchas y barras, acoplar los elementales en pallet a un costado del taller categorizando a qué tipo de conjunto (+) ira dirigido.

7) Que no existan restricciones en el acceso al taller.

8) Agregar operaciones de plegado o cilindrado según los requerimientos del elemental.

9) Para los elementales que salen de oxicorte y corte que requieran de mecanizado se trasladarán directamente entre galpones, por lo que será necesario abrir este muro y utilizar una rampla transportadora de material.

10) Para los elementales que irán de oxicorte a armado se empleara la grúa horquilla actual que poseen, la cual denominaremos grúa A.

11) Para armado se incorporará un trabajador más que debe quedar fijo.

Ejemplo: Mientras la grúa "A" vuelve por más acoples a oxicorte, se empleara la compra de otra grúa horquilla (entiéndase por esta compra a grúa "B") que trasladara los subconjuntos (-) a mecanizados, para que cuando vuelva la grúa "A" se dedique a emplazar de armado a soldadura. Mientras que paralelo a ellos la grúa "B" mueve los elementales de mecanizado a soldadura.

12) Requerir de otro trabajador más.

13) Agregar operación de perforado y refrentado.

14) En mandrinado se pueden realizar dos cosas que conllevan a dos enfoques completamente distinto, el primero se plantea la opción de acercar aún más la distancia de soldadura además de darle uso a las máquinas existentes y que haya más de un trabajador ajeno al operario fijo, y la segunda forma es mandar a tercerizar este proceso debido a que es que es uno de los más complejos de realizar y donde se generan más retrasos. Destinar espacio suficiente para los que venga externalizado, ejemplo corona.

15) Grúa “A” lleva el subconjunto (+) a pintura, mientras que la grúa “B” de forma paralela lleva el resto de los subconjuntos que ya se encuentren listos a pintura.

16) La grúa “A” lleva los subconjuntos (+) a componentes hidráulicos, la grúa “B” va en busca de los cilindros y pasadores que están en bodega.

17) Dejar un espacio disponible de espera para los cilindros, pasadores y subconjuntos

18) Ideal que donde termina el proceso de incorporación de componentes hidráulicos este accesible al izaje del galpón en el que se realiza la operación de ensamble.

19) En ensamble incorporar 2 operarios adicionales

20) En el mismo galpón que se realizan el ensamble y las pruebas finales destinar un espacio para pintar.

21) Grúa “A” va de componentes hidráulicos al taller de minería 2, en el que está el producto ya terminado, para llevarlo a su lugar de almacenaje. Para el caso de otros productos que no requieran de componentes hidráulicos y quedan como última operación en pintura debería razonarse la factibilidad de que se destruya la pared que tiene con el almacenamiento e implementar banda transportada.

22) Almacenaje debe disponer de forma ordenada y secuencial la llegada y retirada de cada uno de sus productos contemplando el espacio necesario suficiente y el posible daño del material.

Otras mejoras que van directamente involucrada con el objetivo del estudio

1. Identificador GPS de cada elemental.
2. Crear estanterías que se encuentren en los galpones de montaje.
3. La supervisión se deberá controlar mediante cámaras situadas en las esquinas de cada taller.
4. Modificar el control y seguimiento mediante un programa en él que al preguntar por un trabajador o por un elemental en seguida se sepa dónde está ubicado. (Registradores de ID de material en cada taller)
5. Crear instructivos o planes de acción frente a medidas correctivas, como para los proveedores externos (procesos que requieran de tratamiento térmico)
6. Crear centros de desechos y reciclaje dentro de cada galpón.
7. Compra de máquina aspiradora para absorber todo el material pequeño situado en la planta baja.
8. Crear procedimientos del cómo opera la empresa, como se mueve el material, e instructivos para el manejo de una máquina.
9. Instalación de paneles de control que permitan a los trabajadores conocer el pronóstico de demanda de cada producto, de manera de conocer de forma inmediata si un producto lo sacarán a tiempo sin la necesidad de realizar horas extras, por el contrario, por incentivar a los trabajadores con bonos de producción.
10. Mejorar el just time de la empresa estableciendo una categoría para cada uno de sus procesos.
11. Invertir en nuevos diseños y que se enfoquen a más rubros.

5.4.2.1 Análisis de relación de actividad

Las operaciones absolutamente necesarias que requieren de una proximidad son:

A) Acoplar la materia prima dentro de su primer proceso de transformación

B) Acceso directo entre oxicorte y mecanizado

C) Mecanizado cerca de armado y soldadura

D) Armado cerca de oxicorte, mecanizado y soldadura

E) Pintura acceso directo a almacenamiento

F) Pintura cercana a pruebas finales

Las operaciones especialmente importantes son:

A) Plegado o cilindrado

B) Templado

C) Perforado

D) Refrentado

La operación ordinariamente importante es:

A) Oxicorte y corte en mismo galpón

Consideración:

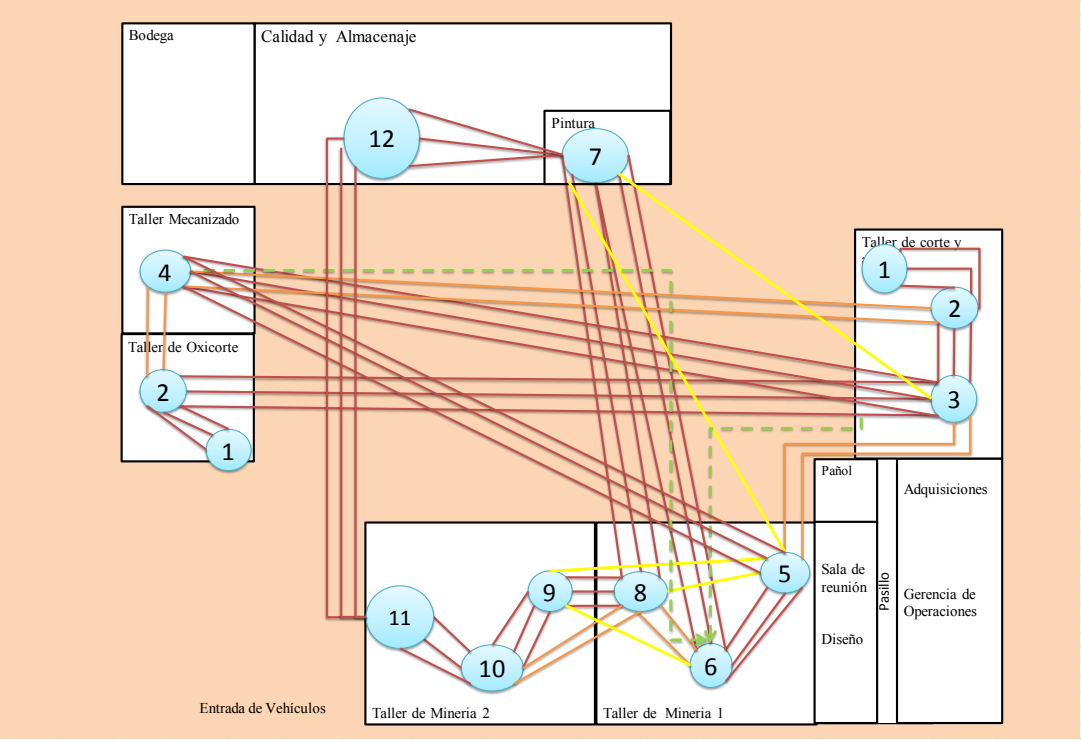
El análisis de relaciones de actividades anteriormente mencionado aplica tanto a la planta actual como para en un futuro si desea cambiar su instalación a otra locación.

5.4.2.2. Diagrama de relación de actividades

(Planta Actual)

Para elaborar el nuevo diagrama de relación de actividades se consideraron las combinaciones absolutamente necesarias acomodadas a la infraestructura y espacio de la planta.

Figura 5.11. Diagrama de Relación de Actividades.



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Se puede observar mediante la Figura 5.11 que los cruces dentro de la empresa disminuyeron de un total de 26 a 20, no fue factible disminuir las distancias desde armado a oxicorte, mecanizado y soldadura, debido a que no existe un galón adicional o central para poder mover esta operación de lugar (lo mismo ocurre para el caso de mecanizado).

Los procesos que presentan mayor número de combinaciones entre actividades son: mecanizado, mandrinado y pintura.

Recomendaciones:

1) En el proceso de mandrinado hacer uso de las otras máquinas activas.
2) Necesidad de implementar un plan de acción en conjuntos con los proveedores, para que éstos puedan cumplir con los plazos de entrega.
3) Realizar la compra de otro equipo de manejo de grúa horquilla.
4) Implementar chip de rastreo para identificar cada elemental, que sale de oxicorte y corte.
5) Crear un acceso directo de oxicorte a mecanizado (rampla o deslizadora metálica)
6) Cambiar mesa de oxicorte.
7) Incorporación de 5 trabajadores como mínimo.
8) Capacitar a los trabajadores para que realicen más de una operación.
9) Deshacerse de maquinarias inactivas.
10) Dejar espacio para material en espera (elementales, subconjuntos, conjuntos y materiales externos).
11) Mantener stock de seguridad y que sean acoplados por grosor.
12) Disponer de zonas en los talleres destinadas a las chatarras.
13) Limpiar y despejar los accesos en donde se generan más congestión.
14) Implementar estanterías en talleres donde se realizan operaciones de montaje.

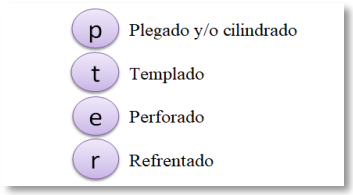
En la figura 5.11 se presenta de forma inmediata el modelo que debe seguir la distribución actual para mejorar de manera considerable el flujo de circulación del material.

(Planta actual, sin contemplar la infraestructura)

En las soluciones que se plantearon en el análisis de relación de actividad correspondiente a las relaciones absolutamente necesarias que son primordiales para el desarrollo del flujo ideal, no fue posible aplicar el punto C (Armado cerca de oxicorte, mecanizado y soldadura) y el punto D (Mecanizado cerca de armado y soldadura) debido a la infraestructura de la planta actual, es por esto que surge la iniciativa de crear un flujo ideal de circulación del material en el que no se vea comprometida la infraestructura. Cabe señalar que a mediados del próximo año vence su contrato de arriendo, por lo que están en ascuas si permanecerán o no en el mismo sitio, por ende, el establecer el mejor modelo de flujo de circulación del material les permitirá como empresa operar de manera eficiente su nueva distribución, independiente de donde se vayan.

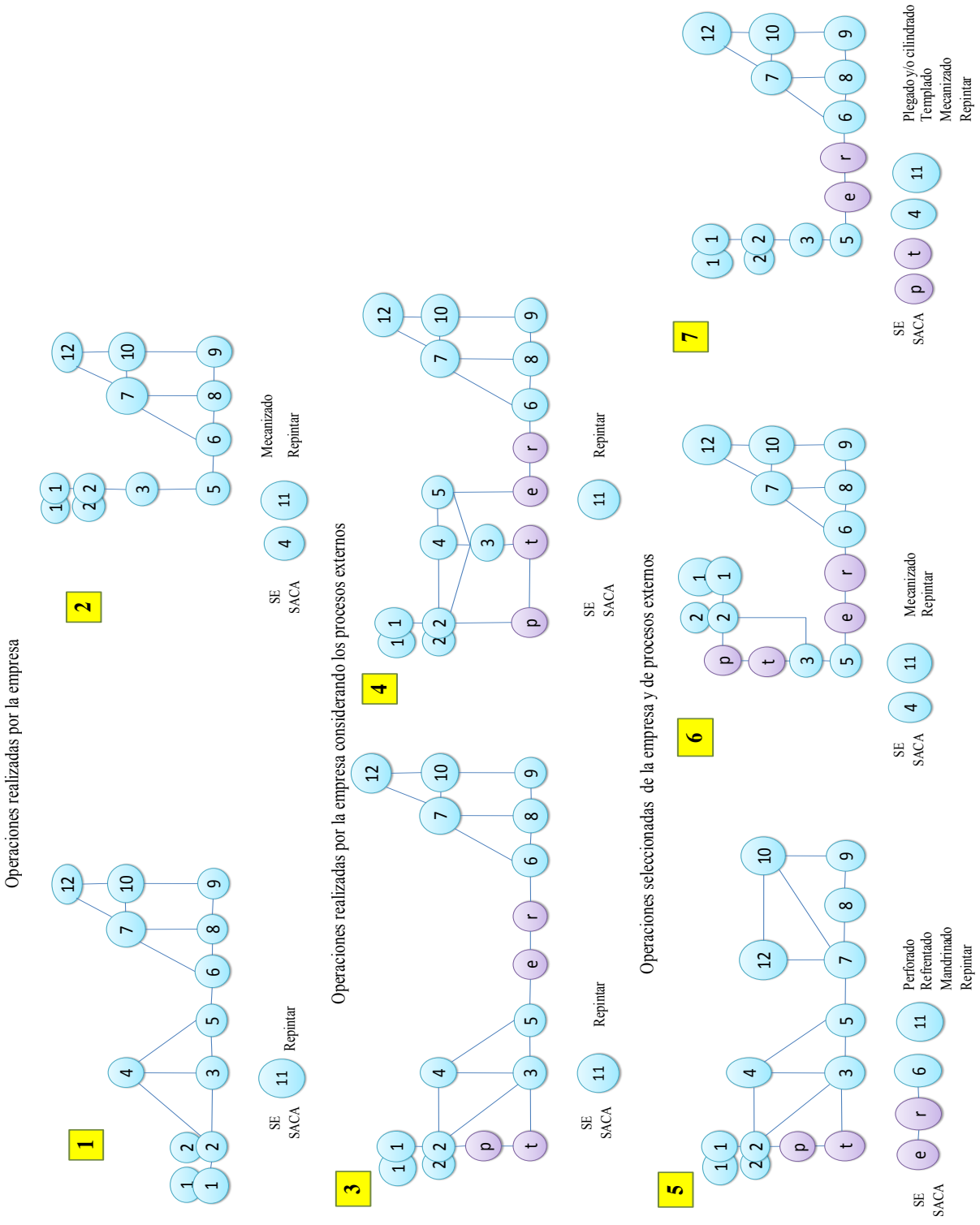
Tomando como base el punto C, D y las otras soluciones desarrolladas en el análisis, se proceden a ilustrar los modelos básicos de circulación (Figura 5.13) de los diversos flujos de material. A continuación, se muestra la simbología de los procesos externos (Figura 5.12), debido a que éstos no habían sido determinados ni requeridos previamente.

Figura 5.12. Simbología procesos externos.



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Figura 5.13. Modelos básicos de circulación.



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

5.4.3 Evaluación y Selección de la mejor alternativa

Los criterios para establecer el mejor flujo de circulación se basaron en dos etapas, la primera en los tiempos de operación de cada proceso tanto internos como externos, mientras que la segunda parte se enfoca en examinar la proximidad de los mismos según su precedencia.

Una vez determinados los puntos clave, se procede a evaluar qué propuesta es la mejor, y para ello se utilizó el método de ponderaciones para llegar a una decisión más objetiva.

Dado lo anteriormente señalado se procede a elaborar la tabla de criterios (Tabla 5.12) en la que los tiempos de operación se desglosaron en 10 niveles, el primer nivel corresponde a 1 (tiempo con menor horas en realizarse) y 10 (tiempo de mayor operación), el rango utilizado fue de 50 horas entre una casilla y otra.

Tabla 5.12. Criterios basados en tiempos de operación.

CRITERIOS	
Puntaje	Determinante
1	0-50
2	51-101
3	102-152
4	153-203
5	204-254
6	255-300
7	301-351
8	352-402
9	403-453
10	454-504

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Luego se estableció la escala de valores (Tabla 5.13) para evaluar cada tipo de modelo de flujo de circulación en relación a cada uno de los criterios concluyentes.

Tabla 5.13. Escala de valor.

ESCALA DE VALORES	
Puntaje	Determinante
1	Insuficiente
2	Bueno
3	Excelente

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Establecido estos puntos se aplica el método cualitativo de puntajes ponderados para hacer la elección del mejor modelo de distribución que deberá contemplar la empresa al cambiar su planta a una nueva localidad.

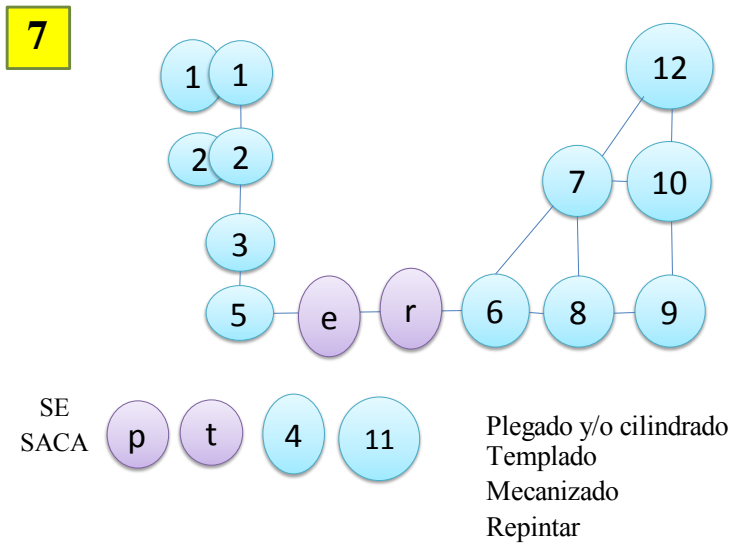
Tabla 5.14. Método de puntaje ponderado.

CRITERIOS	Puntaje	Modelos básicos de flujo de circulación del material													
	0 - 10	1	P x M	2	P x M	3	P x M	4	P x M	5	P x M	6	P x M	7	P x M
Oxicorte/corte	2	3	6	3	6	3	6	3	6	3	6	3	6	3	6
Plegado y/o cilindrado	1	1	1	1	1	3	3	2	2	3	3	3	3	1	1
Templado	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1
Armado	9	2	18	3	27	2	18	3	27	2	18	2	18	3	27
Mecanizado	2	2	4	1	2	2	4	3	6	2	4	1	2	1	2
Soldadura	7	2	14	3	21	2	14	2	14	2	14	3	21	3	21
Perforado	1	1	1	1	1	3	3	2	2	1	1	3	3	3	3
Refrentado	1	1	1	1	1	3	3	3	3	1	1	3	3	3	3
Mandrinado	5	3	15	3	15	3	15	3	15	1	5	3	15	3	15
Ensamble	5	2	10	2	10	2	10	2	10	2	10	2	10	2	10
Pintura	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Calificación			**73**		**87**		**81**		**90**		**67**		**86**		**91**

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

5.5 Modelo de distribución

Figura 5.14. Modelo de Flujo circulación del material



Fuente: Elaboración Propia, (2018)

La mejor alternativa del flujo de circulación del material es el número 7, en ella se puede apreciar que los procesos que se requieren externalizar son: plegado y/o cilindrado, templado y finalmente mecanizado, mientras que la operación 11 correspondiente a la operación de "afinar detalles o repintar" se puede realizar en el mismo galpón de pintura debido a la posición estratégica que adquiere la nueva propuesta al estar centralizada en los procesos que se ven directamente involucrados. En lo que respecta al mecanizado (proceso interno a la empresa) según plantea el modelo debe externalizarse porque el tiempo de este proceso dura alrededor de 70 horas lo que es accesible debido a que el tiempo de operación es

mucho menor en comparación a armado, soldadura, los cuales requieren de 451 y 335 horas respectivamente. Se puede ver que estos procesos son los más significativos para la empresa por lo que dejar este trabajo en manos de terceros, no es recomendable.

El mejor flujo muestra que es necesario el incorporar los procesos de perforado y refrentado, ya que el tiempo de duración de elaboración no sobre pasa las 24 horas, además estos se mueven prácticamente de forma lineal y no interrumpirían con ningún otro proceso en particular más que la operación que le procede y de la siguiente, por lo que no genera cruces ni largas distancias.

Mencionar también que para que este Modelo de flujo se vuelva realmente sustentable y eficiente es necesario considerar las mejoras que fueron destacadas en el procedimiento 5.4.2 “Determinación de la circulación o flujo” y aplicar según los requerimientos y necesidades que presente la empresa.

6. Conclusión

Se pudo observar mediante el análisis de los diversos modelos propuestos y la selección de la mejor alternativa que los resultados son los más objetivos, debido a que las 3 puntuaciones más altas señalaron que en 2 de 3 es fundamental el agregar procesos externos y de forma similar ocurre para el mecanizado que necesita ser tercerizado porque 2 de las 3 mejores alternativas lo demostraron.

También se pudo concluir de lo realizado en la investigación que es fundamental considerar el método y equipo de manejo a emplear en el movimiento del material, en donde el principio se sustenta en que el material se tiene que mover lo menos posible y siempre hacia su terminación.

En cuanto a los objetivos básicos que se utilizaron fueron los de: *integración de conjunto*, en el que se observa que es esencial ver la relación de material, máquina y hombre y en la que se llegó a calcular que se requiere de al menos 5 trabajadores más en los talleres de fabricación, las máquinas de mandrinado deben utilizarse en paralelo para disminuir el tiempo de operación y las máquinas que permanecen inactivas no pueden seguir ocupando espacio adicional porque se vería expuesto el siguiente principio, el de la mejor utilización del *espacio cúbico*, referente a los puentes grúas que existen en los talleres por ser efectivos y requeridos en su totalidad, ya que se mueven de forma vertical y horizontal por lo que es necesario poner énfasis en el equipo de manejo de la grúa horquilla, debido a que el contemplar una sola para todas las distancias y movimientos que hay que hacer a cada pieza, subconjunto y conjunto involucra exceso de cruces, poca capacidad de satisfacer la producción ante demanda

fluctuante, además de largas distancias entre una operación y otra, por lo que al aplicar cualquier de los dos modelos tanto para la situación actual en la que se ve inmersa la empresa como a la comprometida a futuro requieren de optimizar en lo más posible el *principio de mínima distancia recorrida* por lo que este objetivo específico también se concreta.

Finalmente tenemos los procesos externos y este se puede mejorar mediante dos medidas, la primera es el de implementar un plan de proveedores en la que cuando la empresa necesite el producto y el contratista vea que no podrá cumplir con la fecha de entrega se podrá hacer uso del apoyo de operarios de FMA para tener el producto a tiempo, mientras que la segunda solución para el flujo ideal sin contemplar las necesidades de espacio permite además de implementar este plan, el de incorporar operaciones de perforado y refrentado, en lo que respecta a mecanizado se descubre que el proceso se tiene que tercerizar para lograr ser el más eficiente.

En cuando a los implementos de ferretería y otros materiales siempre deben quedar accesibles en tiempo, distancia, y ubicación, es necesario que se cuente con el stock suficiente y que el material se encuentre acoplado, cuidado y seleccionado según su finalidad, por ejemplo, independiente de los dos flujos es necesario el dejar espacio para los productos externos (cilindro y pasadores), material que se irá a la siguiente operación, disponer de contenedores de reciclaje, además de estantería móviles para las herramientas de primera mano. Agregar además que siempre es bueno el emplear medidas preventivas que correctivas, ya que la mayoría de las veces se suelen pasar por alto provocando grandes costos que después cuestan mucho volver a solventar.

Al efectuar cualquiera de los dos flujos tanto el actual, como el propuesto en caso que se cambien de locación, logra tener un gran impacto en el factor cambio, debido a que los modelos planteados en la propuesta le permiten a la empresa tener una mayor flexibilidad, variabilidad y adaptabilidad ante cambios impredecibles de demanda fluctuante e intermitente.

Mediante todo lo realizado en el estudio se puede demostrar que se cumplieron los objetivos específicos, y que es factible poder llegar a buenos análisis y resultados independientes de las características que puedan tener como empresa. Para este caso en particular es factible ver que pese a tener tantas variables irregulares como variaciones en el diseño por parte de los requerimientos de cada cliente, el no poseer un lugar físico propio, y el no disponer de una producción en cadena sino por el contrario una distribución de función (proceso) y de disposición fija no fueron un impedimento para realizar una buena distribución basada en el análisis por producto, ya que este tipo de distribución permitió identificar el mejor patrón de circulación de deberá seguir el material.

A pesar de que se haya realizado el análisis de un solo producto y no para una variedad de productos, el método se sustenta en la secuencia de operaciones, independiente del producto que exija el cliente la secuencia no varía en gran dimensión, debido a que una operación está cercana a la siguiente para lograr reducir distancias, cruces y pérdida de material. Cabe señalar además, que la secuencia de los productos que tienen una alta rotación como para el caso del balde 980 pese a no pasar por todas las operaciones, el modelo sigue siendo el ideal para él, por lo que los resultados del proyecto se concluyeron con éxito.

7. Referencias

Muther, R. (1981). *Distribución en Planta* (Segunda Edición ed.). Nueva York: Mc Graw Hill.

Carro, R., & González, D. (2013). *Localización de Instalaciones.*

8. Anexos

8.1 Listado de Clientes

1. Anglo American Los Broces
2. Anglo American El Soldado
3. Anglo American Mantos Blancos
4. Anglo American Mantoverde
5. Cap
6. Cap Los Colorados
7. Cap Romeral
8. Codelco Andina
9. Codelco Chuquicamata
10. Codelco El Salvador
11. Codelco El Teniente
12. Codelco Gabriela Mistral
13. Codelco Radomiro Tomic

14. Compañía Contractual Minera Candelaria

15. Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM

16. Compañía Minera Florida Yamana Gold Inc.

17. Compañía Minera Nevada (Pascua Lama)

18. Compañía Minera TECK Carmen de Andacollo

19. Compañía Minera Xstrata Lomas Bayas

20. Empresas Melón

21. Minera Andacollo

22. Minera Cerro Colorado Ltda.

23. Minera El Abra

24. Minera El Toqui

25. Minera El Tesoro

8.2 Listado de los Productos

1. Manipuladores de neumáticos (modelos TH35G-TH30G-TH25G-TH20G-TH18C-TH13G-TH9G-TH5C)
2. Enrolladores de cables (CR450- CR460 con brazo- CR600 camión enrollador-CR900 camión enrollador- Enrollador sobre tráiler- estación reparadora
3. Baldes para cargadores frontales (WL20 a WL130)
4. Baldes de excavadoras (de lb10 a HX80)
5. Canastillos de trabajos
6. Dedo Hidráulico
7. Garra (forestales de chatarra)
8. Acople hidráulico cargadores frontales
9. Acople hidráulico excavadora
10. Soporte Horquilla para cargadores
11. Hoja para Weldozer (D6-D8-D10-D11)
12. Carros hormigón
13. Rastrillos forestales
14. Tridentes-cultivador

Figura 8.1. Enrollador de cable energizado.

Fuente: Empresa FMA, 2018.

Figura 8.2. Enrollador carro arrastre.

Fuente: Empresa FMA, 2018.

Figura 8.3. Manipulador de neumáticos interior.

Fuente: Empresa FMA, 2018.

Figura 8.4. Dedos hidráulicos.

Fuente: Empresa FMA, 2018.

Figura 8.5. Manipulador neumático rajo interior.

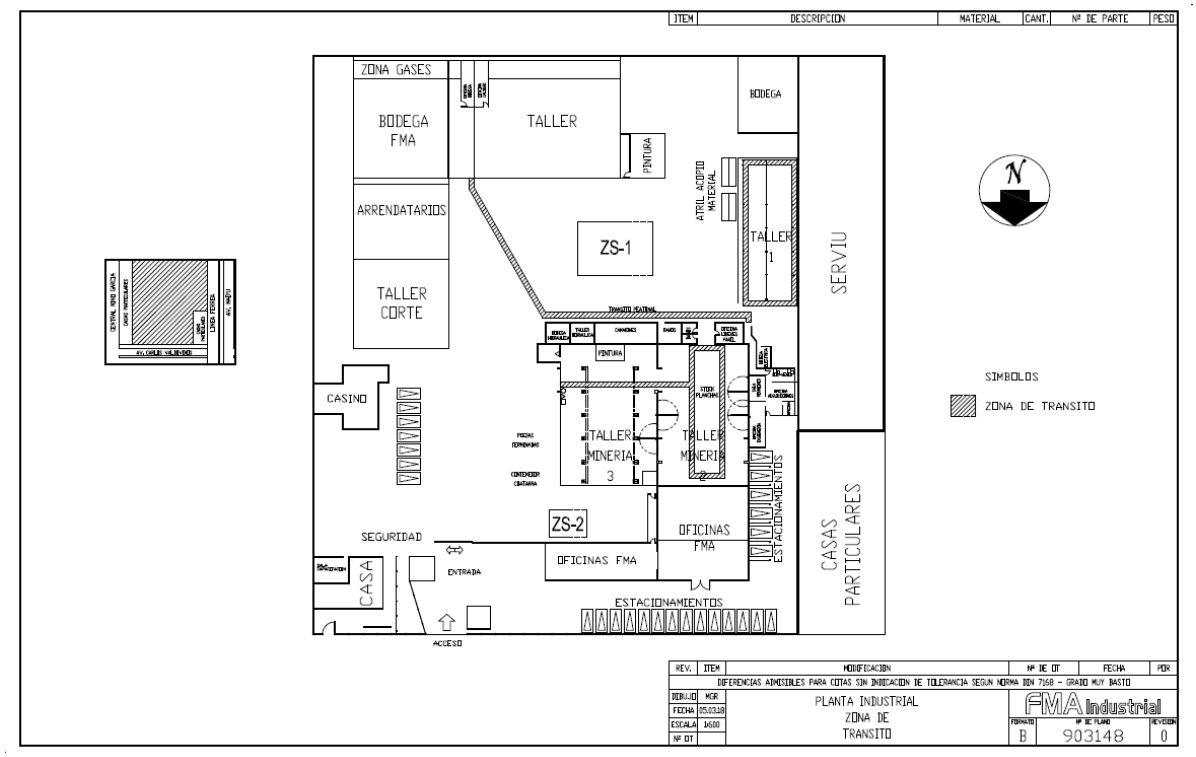
Fuente: Empresa FMA, 2018.

Figura 8.6. Balde para excavadoras

Fuente: Empresa FMA, 2018.

8.3 Layout FMA Industrial S.A.

Figura 8.7 Layout FMA Industrial S.A.



Fuente: FMA, 2018.

8.4 Descripción de la rentabilidad y función del Manipulador de Neumáticos TH30G

Rentabilidad: El costo de fabricar este producto rodea los $40.000.000, tiene un ingreso total de $132.300.000 lo que les genera alrededor de $92.300.000 en utilidades, económicamente rentable y sustentable en el tiempo para FMA Industrial Chile. A continuación, una breve descripción de la funcionalidad de este producto.

Funcionalidad: Es un equipo diseñado para dar solución al cambio de neumático para los camiones de gran tonelaje en la gran minería. Con este equipo se garantiza en un 90 % la seguridad del operador, debido a que tiene la ventaja que toma el neumático mientras que el operador o los operadores mediante pistolas neumáticas cortan los pernos de lo equipos, es decir, que corta el neumático que está montado en la tolva, una vez que este todo suelto, el manipulador toma el neumático y lo desaloja mediante giros de hasta 360°.