



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

ANÁLISIS DE REDISTRIBUCIÓN EN UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE CALZADO

Dilson Wilfredo Ramírez Hurtarte

Asesorado por el Ing. Alejandro Estrada Martínez

Guatemala, agosto de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE REDISTRIBUCIÓN EN UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE
CALZADO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

DILSON WILFREDO RAMÍREZ HURTARTE

ASESORADO POR EL ING. ALEJANDRO ESTRADA MARTÍNEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|--|
| DECANO | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco |
| VOCAL I | Ing. Angel Roberto Sic García |
| VOCAL II | Ing. Pablo Christian de León Rodríguez |
| VOCAL III | Ing. José Milton de León Bran |
| VOCAL IV | Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez |
| VOCAL V | Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez |
| SECRETARIA | Inga. Lesbia Magalí Herrera López |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|-------------|------------------------------------|
| DECANO | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco |
| EXAMINADOR | Ing. Sergio Fernando Pérez Rivera |
| EXAMINADORA | Inga. María Martha Wolford Estrada |
| EXAMINADOR | Ing. Hugo Leonel Alvarado de León |
| SECRETARIA | Inga. Lesbia Magalí Herrera López |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ANÁLISIS DE REDISTRIBUCIÓN EN UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE CALZADO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 29 de mayo de 2015.

Dilson Wilfredo Rarmírez Hurtarte

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por brindarme salud, bendiciones y permitirme alcanzar este objetivo.
- Mis padres** Dilson Ramírez y Andrea Hurtarte, por su amor y su apoyo incondicional en todas las fases de mi vida. Y nunca desampararme en los momentos más difíciles.
- Mi hermana** Por sus consejos y apoyo a través de los años.

AGRADECIMIENTOS A:

| | |
|---|--|
| Universidad de San Carlos de Guatemala | Por ser mi alma máter y brindarme la oportunidad de adquirir conocimientos en pro de la sociedad guatemalteca. |
| Facultad de Ingeniería | Por haberme acogido en sus salones de clase y haberme llenado de conocimiento académico para mi desarrollo profesional. |
| Mis amigos de la Facultad | Al Ing. Carlos Cordero, Lic. Amahan Sánchez, el Ing. Diego Fuentes, el Ing. Carlos Chicol, el Ing. Andree Pusey, Ing. Edgar Burbano, Manuel Figueroa. Por su amistad y apoyo en cada etapa de mi vida universitaria. |
| Mi asesor | El Ing. Alejandro Estrada Martínez, por su acompañamiento en el desarrollo de mi trabajo de graduación. |
| Personal de INCAD | Por permitirme adquirir parte importante de sus conocimientos y valirme para realizar la investigación sin ningún impedimento. Siendo siempre personas proactivas y de beneficio para la empresa. |

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES | VII |
| LISTA DE SÍMBOLOS | XI |
| GLOSARIO | XIII |
| RESUMEN..... | XV |
| OBJETIVOS..... | XVII |
| INTRODUCCIÓN | XIX |
| | |
| 1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA | 1 |
| 1.1. Descripción de la empresa | 1 |
| 1.2. Ubicación..... | 2 |
| 1.3. Misión | 3 |
| 1.4. Visión..... | 4 |
| 1.5. Descripción del producto | 4 |
| 1.6. Tipo de organización | 5 |
| | |
| 2. SITUACIÓN ACTUAL..... | 7 |
| 2.1. Descripción del proceso | 7 |
| 2.1.1. Departamento de corte | 7 |
| 2.1.2. Departamento de alistado..... | 9 |
| 2.1.3. Departamento de armado de avíos | 11 |
| 2.1.4. Departamento de montado | 13 |
| 2.1.5. Departamento de terminado y empaque | 16 |
| 2.2. Distribución de planta | 19 |
| 2.2.1. Dimensiones del edificio | 19 |

| | | |
|--------|--|----|
| 2.2.2. | Distribución de departamentos..... | 20 |
| 2.2.3. | Distribución de maquinaria y equipo | 21 |
| 2.2.4. | Iluminación | 22 |
| 2.2.5. | Ventilación..... | 27 |
| 2.2.6. | Ruido | 29 |
| 2.3. | Desechos generados en el proceso | 31 |
| 2.3.1. | Tipos de desechos | 32 |
| 2.3.2. | Manejo de desechos | 33 |
| 2.3.3. | Controles de desperdicio..... | 33 |
| 2.4. | Mantenimiento..... | 33 |
| 2.4.1. | Estado actual del equipo | 34 |
| 2.4.2. | Procedimientos de manteamiento actual..... | 34 |
| 2.4.3. | Stock de repuestos..... | 35 |
| 2.4.4. | Controles de manteamiento | 36 |
| 3. | PROPUESTA DE MEJORA | 37 |
| 3.1. | Estudio de tiempos y distancia de procesos | 37 |
| 3.1.1. | Diagrama de proceso | 45 |
| 3.1.2. | Diagrama de flujo | 47 |
| 3.1.3. | Diagrama de recorrido..... | 49 |
| 3.1.4. | Eficiencia en los proceso..... | 50 |
| 3.2. | Características del edificio | 50 |
| 3.2.1. | Ubicación..... | 51 |
| 3.2.2. | Área utilizable..... | 52 |
| 3.3. | Recuperación de espacios | 52 |
| 3.3.1. | Primera planta | 53 |
| 3.3.2. | Segunda planta | 56 |
| 3.4. | Visualización de planos de redistribución..... | 57 |
| 3.5. | Diseño del montaje de nueva distribución..... | 58 |

| | | |
|--------|---|----|
| 3.5.1. | Maquinaria para diseño de montaje..... | 58 |
| 3.5.2. | Requerimientos y restricciones..... | 59 |
| 3.5.3. | Planificación..... | 60 |
| 3.5.4. | Diseño preliminar..... | 60 |
| 3.5.5. | Estructuras para diseño de montaje | 60 |
| 3.5.6. | Requerimientos y restricciones..... | 61 |
| 3.5.7. | Planificación..... | 62 |
| 3.5.8. | Diseño preliminar..... | 62 |
| 3.6. | Esquema de mantenimiento | 62 |
| 3.6.1. | Políticas del mantenimiento | 64 |
| 3.6.2. | Mantenimiento correctivo..... | 64 |
| 3.6.3. | Mantenimiento predictivo | 65 |
| 3.6.4. | <i>Stock</i> de repuestos | 65 |
| 3.6.5. | Fiabilidad del sistema | 66 |
| 3.7. | Análisis financiero..... | 67 |
| 3.7.1. | Costo de redistribución | 67 |
| 3.7.2. | Valor presente neto | 69 |
| 3.7.3. | Tasa interna de retorno | 71 |
| 3.7.4. | Índice costo/beneficio | 71 |
| 4. | IMPLEMENTACIÓN DE PROPUESTA DE MEJORAS | 73 |
| 4.1. | Controles preliminares..... | 73 |
| 4.1.1. | Entidades responsables | 73 |
| 4.2. | Aplicación metodología 5´s para áreas de trabajo..... | 74 |
| 4.2.1. | Incorporación del personal para rediseño de áreas..... | 77 |
| 4.2.2. | Implantación de área piloto..... | 77 |
| 4.3. | Aplicación metodología <i>Systematic Layout Planning</i> (SLP) para redistribución | 79 |

| | | |
|--------|---|----|
| 4.3.1. | Análisis | 79 |
| 4.3.2. | Búsqueda | 80 |
| 4.3.3. | Selección..... | 80 |
| 4.4. | Diseño del montaje de nueva distribución..... | 81 |
| 4.4.1. | Maquinaria para diseño de montaje | 81 |
| 4.4.2. | Evaluación del diseño preliminar..... | 81 |
| 4.4.3. | Diseño definitivo | 82 |
| 4.4.4. | Análisis de ejecución..... | 83 |
| 4.4.5. | Estructuras para diseño de montaje..... | 83 |
| 4.4.6. | Evaluación del diseño preliminar..... | 85 |
| 4.4.7. | Diseño definitivo | 86 |
| 4.4.8. | Análisis de ejecución..... | 87 |
| 4.5. | Mantenimiento del equipo | 88 |
| 4.5.1. | Bitácoras de mantenimientos | 88 |
| 4.5.2. | Control de tasa de fallos..... | 89 |
| 5. | SEGUIMIENTO Y MEJORA..... | 91 |
| 5.1. | Adaptación al cambio | 91 |
| 5.1.1. | Capacitaciones de procesos | 91 |
| 5.1.2. | Capacitaciones de nuevos procesos..... | 91 |
| 5.2. | Papelería para controles de mejoras..... | 92 |
| 5.2.1. | Control de materia prima | 92 |
| 5.3. | Ventajas y beneficios | 93 |
| 5.3.1. | Condiciones laborales | 93 |
| 5.3.2. | Tiempo de producción | 93 |
| 5.3.3. | Ahorros de materiales | 93 |
| 5.4. | Mantenimiento de equipo | 94 |
| 5.4.1. | Controles de mantenimiento preventivo | 94 |
| 5.4.2. | Controles de mantenimiento correctivo | 96 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 5.4.3. | Control de <i>stock</i> de repuestos | 96 |
| 6. | ANÁLISIS DEL MEDIO AMBIENTE | 97 |
| 6.1. | Impacto ambiental | 97 |
| 6.1.1. | Tipos de impacto ambiental de la empresa. | 97 |
| 6.2. | Clasificación de desechos | 97 |
| 6.2.1. | Uso de los desechos | 98 |
| | CONCLUSIONES | 101 |
| | RECOMENDACIONES | 103 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 105 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|-----|---|----|
| 1. | Toma aérea de colonia Quinta Samayoa | 3 |
| 2. | Organigrama general | 6 |
| 3. | Proceso de corte | 8 |
| 4. | Área de corte..... | 9 |
| 5. | Proceso de alistado..... | 10 |
| 6. | Área de alistado | 11 |
| 7. | Operación de avío | 12 |
| 8. | Área de avío..... | 13 |
| 9. | Operación de montado..... | 15 |
| 10. | Área de montado..... | 16 |
| 11. | Operación de empaque..... | 17 |
| 12. | Área de terminado y empaque | 18 |
| 13. | Ejemplo de techo de dos aguas | 19 |
| 14. | Plano de distribución | 20 |
| 15. | Plano de maquinaria y equipo..... | 21 |
| 16. | Iluminación de segundo nivel | 27 |
| 17. | Desechos producidos..... | 32 |
| 18. | Maquinaria en parada | 35 |
| 19. | Almacenamiento | 36 |
| 20. | Diagrama de proceso de fabricación de calzado | 46 |
| 21. | Diagrama de flujo de fabricación de calzado..... | 47 |
| 22. | Diagrama de recorrido de fabricación de calzado | 49 |
| 23. | Gradas y lockers ocupando espacio innecesario | 53 |
| 24. | Modelo de estantería..... | 54 |

| | | |
|-----|---|----|
| 25. | Modelo de banco | 55 |
| 26. | Nueva distribución departamento de corte | 57 |
| 27. | Nueva distribución departamento de avíos | 58 |
| 28. | Esquema de mantenimiento | 63 |
| 29. | Diagrama 5's..... | 75 |
| 30. | Almacén de herramientas antes de aplicación 5's | 76 |
| 31. | Área piloto implementada | 78 |
| 32. | Ejemplo de cimentación de máquina centrífuga | 83 |
| 33. | Losas perimetralmente apoyadas..... | 84 |
| 34. | Dimensiones de losa..... | 84 |
| 35. | Cimentación con viga de amarre y concreto | 86 |
| 36. | Clasificación de residuos | 98 |

TABLAS

| | | |
|--------|--|----|
| I. | Valores de ruido y exposición | 30 |
| II. | Tiempo observado de troquelado de avío | 37 |
| III. | Elementos extraños y suplementos..... | 38 |
| IV. | Suplementos especiales de avío..... | 38 |
| V. | Resumen de datos de troquelado de avío..... | 39 |
| VI. | Tiempo observado en troquelado de piel | 39 |
| VII. | Elementos extraños y suplementos de troquelado de piel | 40 |
| VIII. | Suplementos especiales troquelado de piel | 40 |
| IX. | Resumen de datos troquelado de piel..... | 41 |
| X. | Tiempo observado en alistado | 41 |
| XI. | Suplementos y elementos extraños de alistado | 42 |
| XII. | Suplementos especiales de alistado | 42 |
| XIII. | Resumen de datos de alistado..... | 43 |
| XIV. | Tiempo observado en montado..... | 43 |
| XV. | Suplementos y elementos extraños en montado | 44 |
| XVI. | Suplementos especiales en montado..... | 44 |
| XVII. | Resumen de datos de montado | 45 |
| XVIII. | Impacto de paros programados y no programados..... | 67 |
| XIX. | Costo de equipo y mejoras..... | 68 |
| XX. | Flujo de efectivo para un año calendario..... | 69 |
| XXI. | Tasas promedio tomadas en cuenta | 70 |
| XXII. | Cronograma de ejecución | 87 |
| XXIII. | Bitácora de mantenimiento general..... | 88 |
| XXIV. | Ficha de control de materia prima | 92 |
| XXV. | Mantenimiento máquina de coser plana..... | 94 |
| XXVI. | Mantenimiento de máquina de coser de doble aguja..... | 95 |
| XXVII. | Mantenimiento de troqueladora hidráulica | 95 |

XXVIII. Ficha de control correctivo96

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo

Significado



Actividad



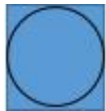
Inicio o finalización



Transporte



Almacenaje



Representa una acción simultánea entre supervisión y una operación.

h

Hora

s

Segundos

%

Porcentaje

GLOSARIO

| | |
|------------------|--|
| Adhesivo | Que se adhiere o se pega. |
| Alistado | Proceso de materia prima para convertir un molde tridimensional. |
| Avería | Daño, rotura o fallo que impide o perjudica el funcionamiento del mecanismo de una máquina, una red de distribución u otra cosa. |
| Corte | Raja o herida producida por un instrumento afilado. |
| Diagrama | Representación gráfica de las variaciones de un fenómeno o de las relaciones que tienen los elementos o las partes de un conjunto. |
| Horma | Molde que sirve para dar forma a un material o a un objeto, en especial al calzado o a un sombrero. |
| Montado | Brindarle la forma final al calzado a través del patrón llamado horma. |
| Plantilla | Parte interior del calzado que presenta el soporte para el pie. |
| Suaje | Es una herramienta confeccionada con placa de acero para cortar, doblar o marcar materiales |

blandos, como: papel, tela, cuero, etc. Las placas de corte son tiras de metal con filo en un lado. Las placas de dobléz no tienen filo.

RESUMEN

La mejora de la productividad ha sido un índice que, en todo momento, ha marcado la pauta generalizada del rendimiento y operatividad de cualquier sistema que se desee analizar. Por lo tanto, en la presente investigación, se estudió la línea de producción de calzado de la empresa Industria de Calzado Dilson (INCAD), con un enfoque de optimización de espacio físico que permitiera una mejor utilización del área de quince por veinticinco metros del edificio industrial, ubicada en el domicilio once setenta y nueve, séptima avenida, zona siete, colonia Quinta Samayoa, ciudad de Guatemala.

Se pretende dar a conocer la realidad en la interacción de los departamentos de trabajo con el área en la que se encuentran distribuidos, las necesidades de transporte y distancia, entre sí, sin dar lugar a ambigüedades debido al factor cualitativo con el cual fue fundada la organización, para aumentar la eficiencia de los procesos y mejorar las condiciones de los operarios.

De esta forma, se analizaron e interpretaron los resultados obtenidos de manera que se lograra el alcance de los objetivos operativos, sin dejar de lado los principios y los valores establecidos en el plan estratégico de la empresa en la que se desarrolló la investigación.

OBJETIVOS

General

Analizar la redistribución en una planta de fabricación de calzado.

Específicos

1. Establecer la ubicación adecuada para cada departamento basado en el espacio útil de la planta.
2. Definir el nuevo flujo del proceso debido a la redistribución de los departamentos.
3. Establecer áreas de trabajo que brinden un ambiente seguro y de salud ocupacional.
4. Determinar la ubicación adecuada de la maquinaria en cada área de trabajo.
5. Diseñar un plan de montaje para reducir daños al equipo.
6. Diseñar un plan de mantenimiento para evitar fallas durante el proceso.
7. Capacitar al personal en el uso de los materiales para disminuir el desperdicio.

INTRODUCCIÓN

El calzado en Guatemala, con el paso del tiempo, ha enfrentado la necesidad de competir con los controles de calidad que el mercado internacional impone. En este contexto, se encuentran la moda internacional y los mercados globalizados, así como métodos productivos superiores.

Ante esta competitividad, la industria ha debido aumentar sus competencias para encontrar métodos prácticos en pro de la mejora de sus procesos. Constantemente, se deben tomar decisiones cuyos objetivos primordiales son la eficiencia y correcto aprovechamiento de recursos.

Se tiene como propósito diseñar una distribución de planta, estudiando las estaciones de trabajo por medio de la ingeniería de métodos, herramienta fundamental para eliminar y reducir tareas poco o nada productivas y así mejorar el proceso, como las condiciones de trabajo. Este análisis incluye la elaboración de diagramas, tomas de tiempos, mejoras de transportes y estaciones de trabajo.

La investigación se desarrollará en seis capítulos:

Capítulo uno. En él se darán a conocer las generalidades de la empresa y su forma interna de operar. De esta manera se establece una relación con el contexto sobre el cual se trabajará el tema.

Capítulo dos. Se dará a conocer la situación actual de la planta, su producción, procesos, además, los resultados, considerando todos sus factores determinantes para cada uno.

Capítulo tres. Se pretende detallar cómo y en qué se mejorarán las condiciones actuales para obtener mejores beneficios del uso en conjunto de los elementos que determinan la producción.

Capítulo cuatro. Se planificará una estrategia para la implementación del método propuesto de tal forma que se puedan obtener los mejores resultados con la menor resistencia al cambio por parte de las personas involucradas.

Capítulo cinco. Se planificará el seguimiento de las mejoras para asegurar los resultados esperados con la correcta aplicación del estudio.

Capítulo seis. Se plantea la concientización para conocer el impacto que la industria genera al medio ambiente de, esta forma se puede establecer responsabilidad con el medio ambiente.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1. Descripción de la empresa

Industria de Calzado Dilson (INCAD) es una empresa guatemalteca dedicada a la fabricación y distribución de calzado de piel, fundada por el señor Dilson Ramírez en 1996, como un pequeño taller familiar para la fabricación artesanal de calzado. Su finalidad era crear un calzado que cumpliera con las expectativas de la mujer guatemalteca. Gracias a su producto reconocido por su alta calidad, detalles y durabilidad, a través del tiempo, ganó mercado. En 2005, ya se clasificaba como una mediana empresa con nuevas instalaciones para el desarrollo del proceso productivo industrializado.

Un objetivo claro, a través del tiempo ha sido la satisfacción del cliente. Esto le ha permitido posicionarse como una de las más prestigiosas empresas de producción de calzado artesanal en la región metropolitana.

Los cambios generados en la economía de la sociedad guatemalteca, produjo que INCAD se adaptara a las coyunturas económicas a través del tiempo desde su fundación. En este contexto, amplió su ámbito de distribución del producto terminado. Para ello, abarcó distintas áreas del interior del país, lo cual le dio mayor alcance para cumplir con los propósitos de la empresa centrados en cubrir el territorio nacional. Sus fundadores siempre han estado a la vanguardia de la tecnología y los requerimientos del mercado, lo cual les ha permitido sobrevivir a través de la fluctuante economía nacional. Además, han generado empleo para familias guatemaltecas y han satisfecho las demandas de sus consumidores al proveerlos de productos de alta calidad, manteniendo

un enfoque de conservación y motivación del cliente interno, orientado a la satisfacción final del cliente externo.

Actualmente, se dedica a la producción de calzado para dama y caballero. Con ello, ha diversificado sus productos y abarcado una mayor cantidad de mercado, el cual se ve compensado con la capacidad instalada con el que hoy cuenta la empresa.

Mediante acuerdos comerciales con importantes cadenas de tiendas de las marcas que lo representan, como Fashion Elizabeth, Melany, AnDi y D´dilson. Se ha logrado establecer con un plan estratégico orientado a una integración vertical, lo que ha generado una mayor producción y ventas del calzado producido.

1.2. Ubicación

La empresa Industria de Calzado Dilson, se encuentra ubicada, según el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) en una zona G3. Semiurbana. Con dirección del predio, 7ma calle 11-79 zona 7 colonia Quinta Samayoa, apartado postal 1007.

Estos requerimientos condicionan a la empresa a tener una ubicación efectiva entre proveedores y sus canales de distribución de producto terminado. Así mismo debe tomar en cuenta aspectos técnicos operacionales como niveles de ruido, niveles de residuos, vibraciones, entre otros.

A continuación, se presentará una toma aérea que representa de manera física el espacio donde se encuentra ubicada la empresa.

Figura 1. Toma aérea de colonia Quinta Samayoa



Fuente: Google Maps. Fecha de consulta: 7 de julio de 2016.

1.3. Misión

Ser una empresa generadora de trabajo con el compromiso de alcanzar las exigencias de los consumidores del calzado nacional, con el objetivo principal de la satisfacción al consumidor final, con productos de alta calidad, contando con el mejor servicio de ventas personalizadas a los clientes, logrando con ello un crecimiento constante en la empresa.

1.4. Visión

Ser la empresa de calzado líder en la distribución de calzado para dama y caballero en todo el país, a través del control de calidad, ofreciendo productos modernos y de vanguardia a precios competitivos, satisfaciendo las exigencias del consumidor final de esta manera crear confianza en las marcas que la representan.

1.5. Descripción del producto

Industria de Calzado Dilson se enfoca en la fabricación de calzado cien por ciento de piel, y forros naturales. Para la conformación del producto terminado, la empresa necesita contar con elementos adecuados que todo calzado debe poseer para su fabricación, entre los cuales se detallan los siguientes:

- Suela. Cumple la función de absorber el impacto durante el contacto del pie y ayuda a favorecer el impulso ejercido. Habitualmente, está confeccionada en caucho inflado o de goma de carbón endurecido. La primera tiene la ventaja de ser más ligera, pero es de menor resistencia que la goma de carbón.
- Entresuela. Se encuentra entre la suela y la parte superior y junto con la suela ayuda a absorber el impacto y amortiguar el pie controlando los movimientos de pronosupinación. Suele confeccionarse en espuma de alta densidad y cartones fibrosos. Las zapatillas más modernas han incorporado otros materiales, como los *foam*, geles etc. consiguiendo mayor duración, estabilidad y absorción del impacto a la zapatilla, lo que marca la diferencia de unas a otras.

- El contrafuerte. Es la parte rígida de la zapatilla que rodea el talón y le da estabilidad. Es aconsejable que este tenga cierta rigidez para conferir estabilidad y que este acolchado para proteger de la fricción.
- Retacón. Es una pequeña alza o talonera que eleva la parte del talón de la zapatilla con respecto a la parte del ante pie mejorando la absorción del impacto del talón contra el suelo. Reduce la tensión en el tendón de Aquiles.
- La zona superior (corte). Es la protección del pie. Depende de los materiales con los que se confeccione, así serán sus características. Entre las más recurrentes está que sea transpirable y lavable. Si tuviese cordones, en esa parte se encuentra la lengüeta que sirve de protección.

Estos elementos conforman el mayor porcentaje de materiales empleados para la fabricación de un producto de alta calidad. Cada uno cumple con los estándares requeridos que han llevado a colocar a la empresa de Industria de Calzado Dilson, en las mejores empresas de fabricación de calzado a nivel regional.

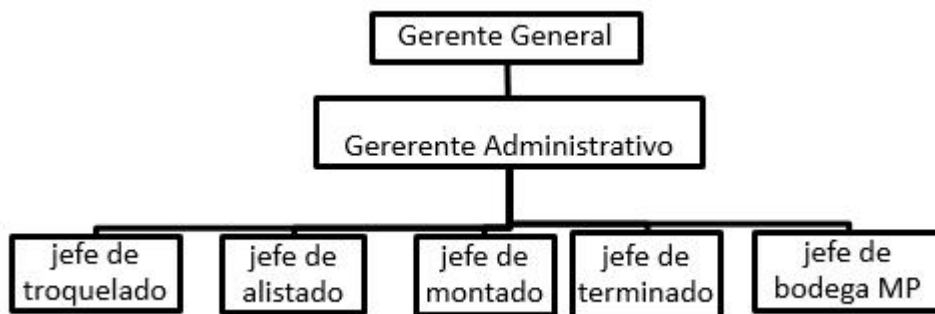
1.6. Tipo de organización

Se cuenta con una organización funcional, debido a que se reúnen en un departamento a los colaboradores encargados o especializados de una actividad específica. Los niveles de autoridad para cada departamento son parciales, ningún superior tiene autoridad directa sobre el personal a cargo de esa operación, para tomar decisiones es necesario acudir al nivel primario.

Este tipo de organización ayuda a tener un mejor control de los procesos ya que cada supervisión es especializada. Con esto, la administración trabaja con un enfoque de cumplimiento de objetivos. Logra la obtención de resultados mediante la optimización de recursos, obteniendo los índices de productividad marcados por el gerente administrativo.

A continuación, se muestra el organigrama general, con el que está compuesto la empresa.

Figura 2. **Organigrama general**



Fuente: elaboración propia.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Descripción del proceso

El proceso se inicia con una orden de producción que surge de los pedidos que los clientes realizan al agente de ventas, estos se precalifican para su producción. El jefe de producción genera la orden y envía una copia de la misma a cada departamento.

A continuación, se describirán los departamentos en los cuales se lleva a cabo la operatividad del proceso de fabricación.

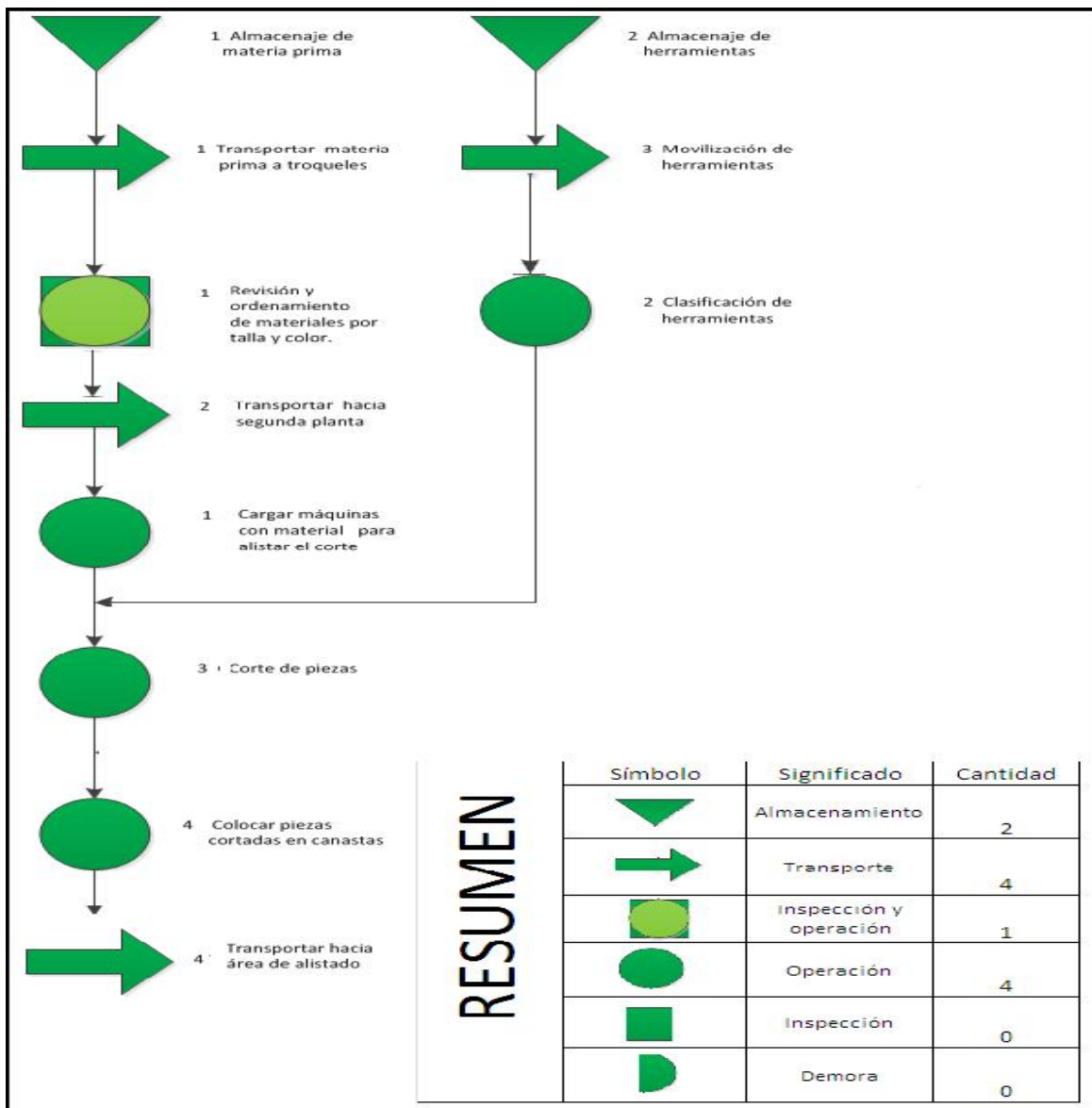
2.1.1. Departamento de corte

En este departamento se cortan las piezas que conforman la orden de producción. Para ello, utilizan máquinas hidráulicas llamadas troqueles con patrones de corte llamados suajes. Estos últimos varían según las piezas que se están produciendo, se cortan los componentes de piel y los otros materiales. Luego se les ordena por talla, color y estilo.

Para llevar a cabo esta actividad el operario de cada troqueladora debe preparar su área de trabajo con materiales. Para ello, va a la bodega de materiales en la segunda planta. Allí espera a que le entreguen el material; entonces, lo carga y camina, más o menos once metros, baja por las gradas y camina otros ochos metros hasta llegar a su área de trabajo, lo coloca en su lugar y empieza el cortado.

Finalizado el proceso de corte, el troquelador coloca los lotes en canastas que, luego, traslada al departamento de alistado y armado de avíos, según sea necesario. En este momento, recorre, más o menos doce metros con el primero y de cuatro con el segundo.

Figura 3. Proceso de corte



Fuente: elaboración propia.

Figura 4. **Área de corte**



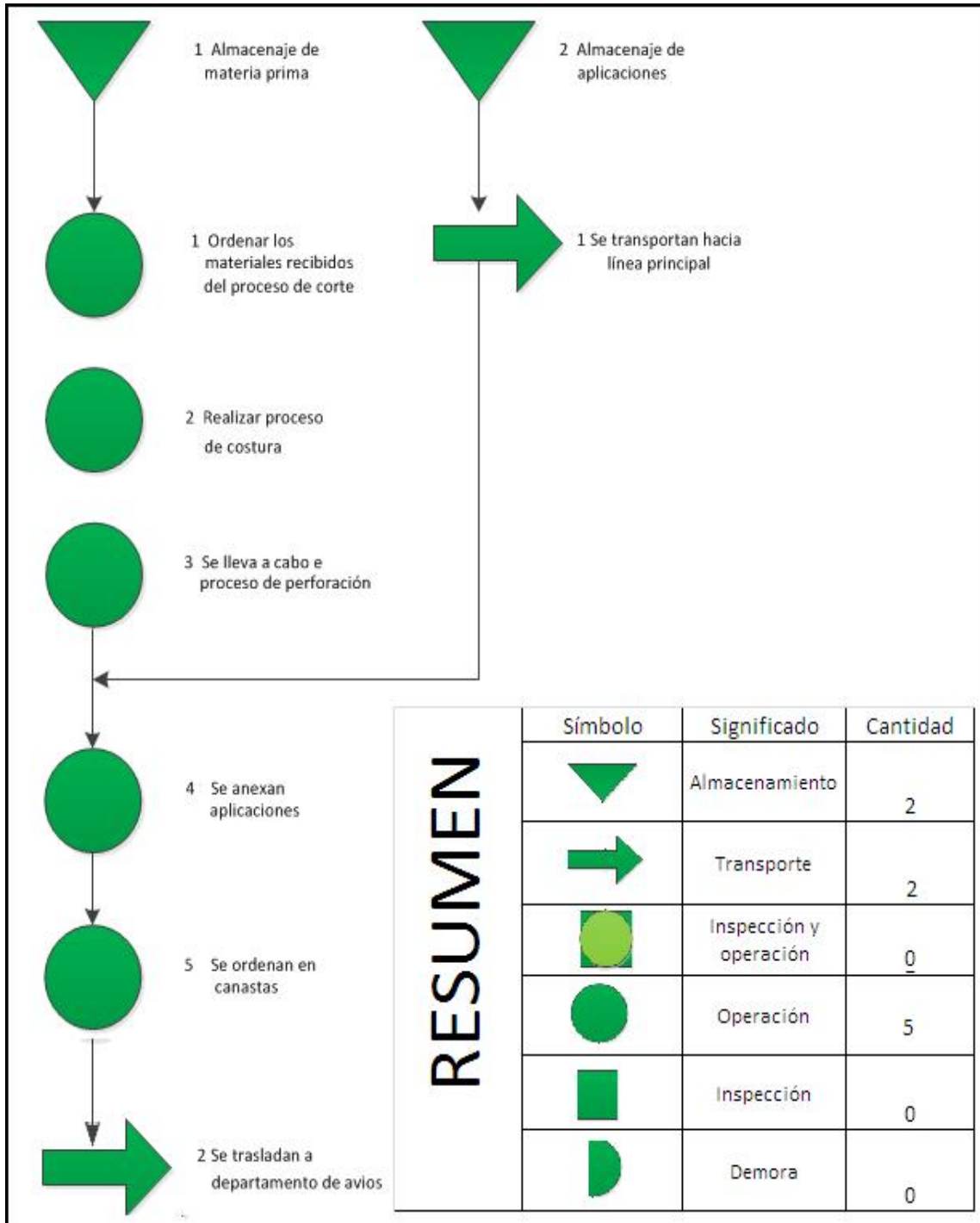
Fuente: INCAD, Zona 7, Ciudad de Guatemala.

2.1.2. Departamento de alistado

Este departamento cumple un rol determinante en el proceso de fabricación, debido a que, si no se realizan las bases de manera adecuada, provocará fallas en la calidad que atrasará la producción y generará deficiencias en el sistema analizado.

Las operaciones que se realizan en el departamento de alistado, inician cuando se toman los lotes de piezas de la orden de producción cortada y se procede a costurar, perforar, anexar aplicaciones, entre otras operaciones pertenecientes a este proceso. Allí, se definen las características de cada modelo que se está trabajando. Al terminar la orden de producción, el jefe del departamento se encarga de ordenar en canastas los cortes ya terminados, toma las canastas y las traslada al departamento de montado, para lo cual recorre cinco metros.

Figura 5. **Proceso de alistado**



Fuente: INCAD, Zona 7, Ciudad de Guatemala.

Figura 6. **Área de alistado**



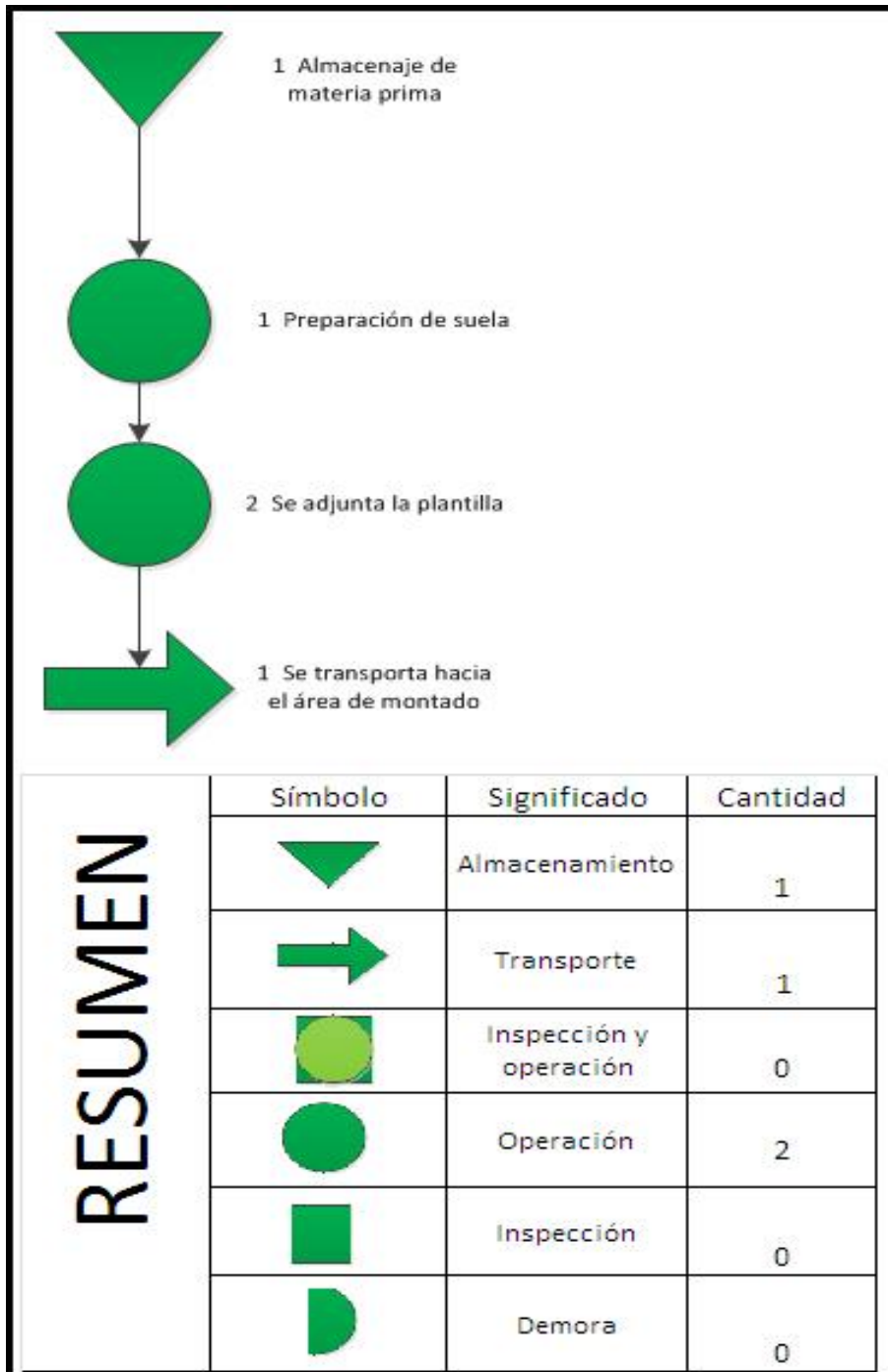
Fuente: INCAD, Zona 7, Ciudad de Guatemala.

2.1.3. Departamento de armado de avíos

A continuación, se describen las operaciones correspondientes al departamento de avíos, en el cual se llevan a cabo los pasos de preparación para la formulación del producto final.

El departamento de armado de avíos prepara los elementos para el departamento de montado, entre ellos la suela y entre plantilla. Este departamento está contiguo al de montado con un recorrido medio de tres metros.

Figura 7. Operación de avío



Fuente: elaboración propia.

Figura 8. Área de avío



Fuente: INCAD, Zona 7, Ciudad de Guatemala.

2.1.4. Departamento de montaje

El objetivo principal de este departamento es verificar las piezas que forman el producto final. Por lo tanto, en este punto, es fundamental que los materiales carezcan de defectos que puedan afectar la eficiencia de la producción.

A continuación, se describirá de manera más específica, los procedimientos que se llevan a cabo para cumplir con las operaciones estipuladas para este departamento.

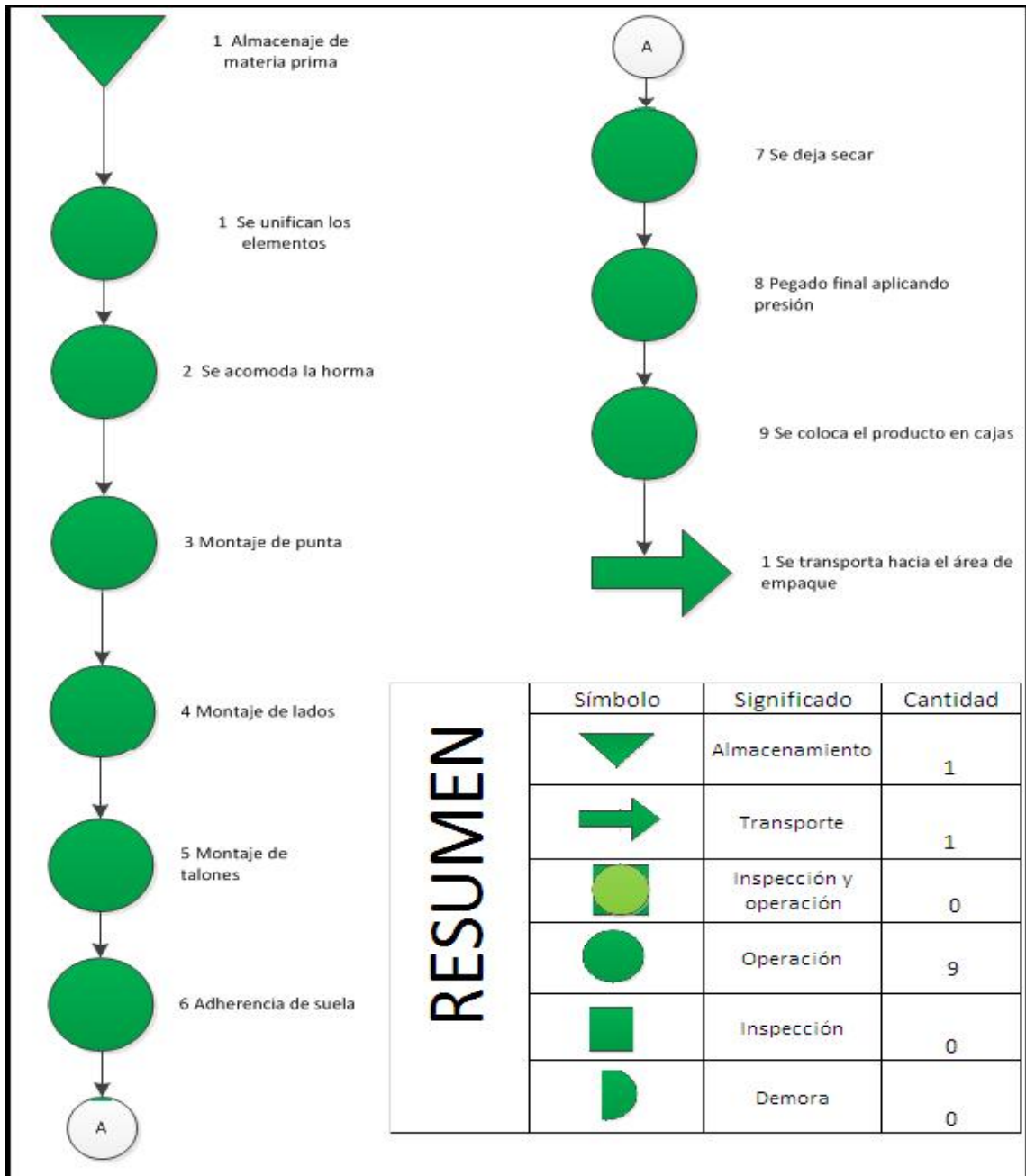
En el departamento de montado, se encargan de unir los elementos del armado de avíos con los del departamento de alistado, en un molde llamado horma el cual define la forma del zapato que se está produciendo. Esto se realiza a través de un grupo de máquinas que trabajan en secuencia. La primera operación es el montado de la punta, luego se montan los lados y por último los talones. Para estas tres operaciones se cuenta con máquinas especializadas.

También se cuenta con una montadora de puntas, lados y talones, las tres utilizan el mismo concepto, toman los extremos del corte y los hala para ajustarlos a la horma.

Luego de haber montado el corte con la entre plantilla en la horma, se adiciona la suela. Para ello, se marca, con una mina especial para piel, el lugar donde se colocará la suela. Se retira una capa delgada de la parte exterior de la piel dentro del marcado (para lograr una superficie ideal de adherencia), se aplican los adhesivos, se dejan secar y se activan con calor para el pegado final.

Para el pegado final se introduce el calzado en una bolsa de hule a la cual se le aplica presión. Terminado el proceso, el zapato se coloca en cajas, las cuales, posteriormente, se trasladarán al departamento de terminado. En estas cajas, ocasionalmente, los zapatos sufren daños, como rallones, perforaciones y marcas las cuales son origen de la acumulación. Esto desordena el proceso porque no se tiene control sobre lo que está dentro de ellas sino simplemente hasta llenarlas se cambia a una nueva.

Figura 9. Operación de montaje



Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Área de montaje**



Fuente: INCAD, Zona 7, Ciudad de Guatemala.

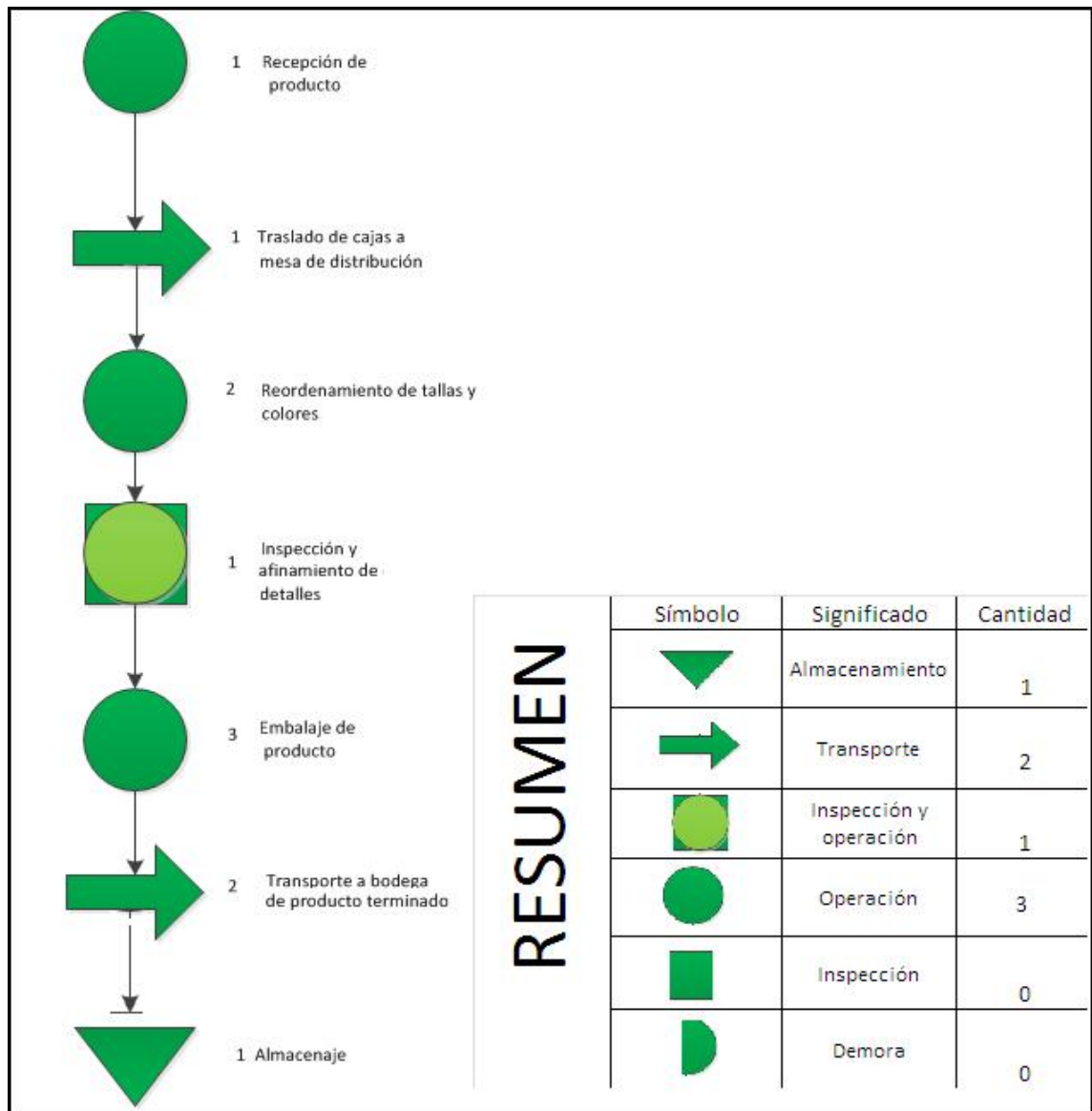
2.1.5. Departamento de terminado y empaque

Para iniciar las operaciones en este departamento, que se encuentra en la segunda planta, el personal debe bajar al área del departamento de montaje, tomar y trasladar cajas en las que fue acumulado el zapato para su traslado. Con el zapato en el área de trabajo, se inicia el reordenamiento del zapato que se pierde, en las cajas, esto se realiza nuevamente por color, talla y estilo.

Luego, se realiza una inspección visual en la que se detectan posibles defectos, como rallones, marcas, costuras o cualquier tipo de imperfección, se

realiza la limpieza de excesos de adhesivos, se agregan elementos como brillos y pastas hasta llegar a un producto final sin imperfecciones para su despacho al cliente.

Figura 11. Operación de empaque



Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Área de terminado y empaque**



Fuente: INCAD, Zona 7, Ciudad de Guatemala.

En la figura 12 se observa el producto terminado, que se empaca en cajas de cartón micro corrugado para su posterior almacenaje y distribución.

Los materiales con los que se fabrica el calzado, exigen que el cuarto de terminado y almacenamiento se mantenga a temperatura ambiente y protegido de la humedad.

2.2. Distribución de planta

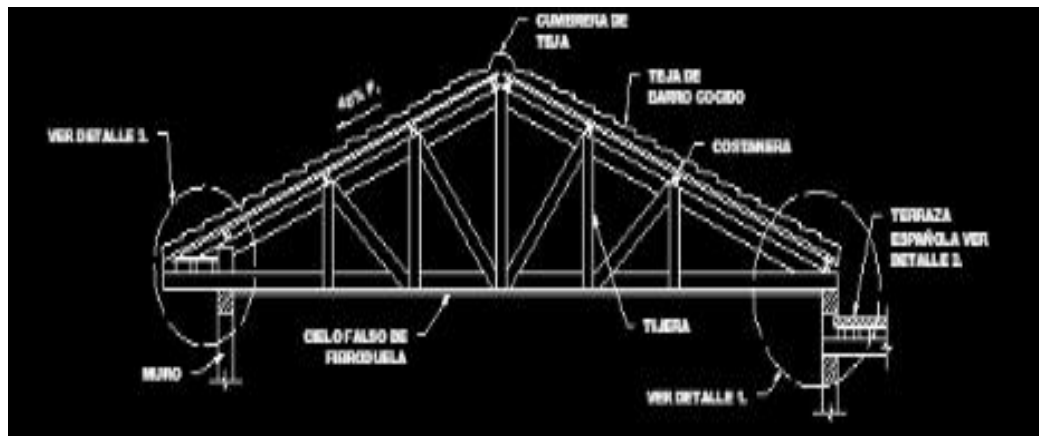
A continuación, se establecerá la manera en que está distribuida la maquinaria a través de la planta de producción.

2.2.1. Dimensiones del edificio

El edificio industrial cuenta con un área total de doscientos cincuenta metros cuadrados, sin embargo, el espacio utilizado es de ciento ochenta. Cuenta con dos plantas, la primera utiliza ciento ochenta metros de la estructura y la segunda planta utiliza noventa metros cuadrados.

El techo de la construcción es de dos aguas el cual, en su parte más alta, alcanza los seis metros.

Figura 13. Ejemplo de techo de dos aguas

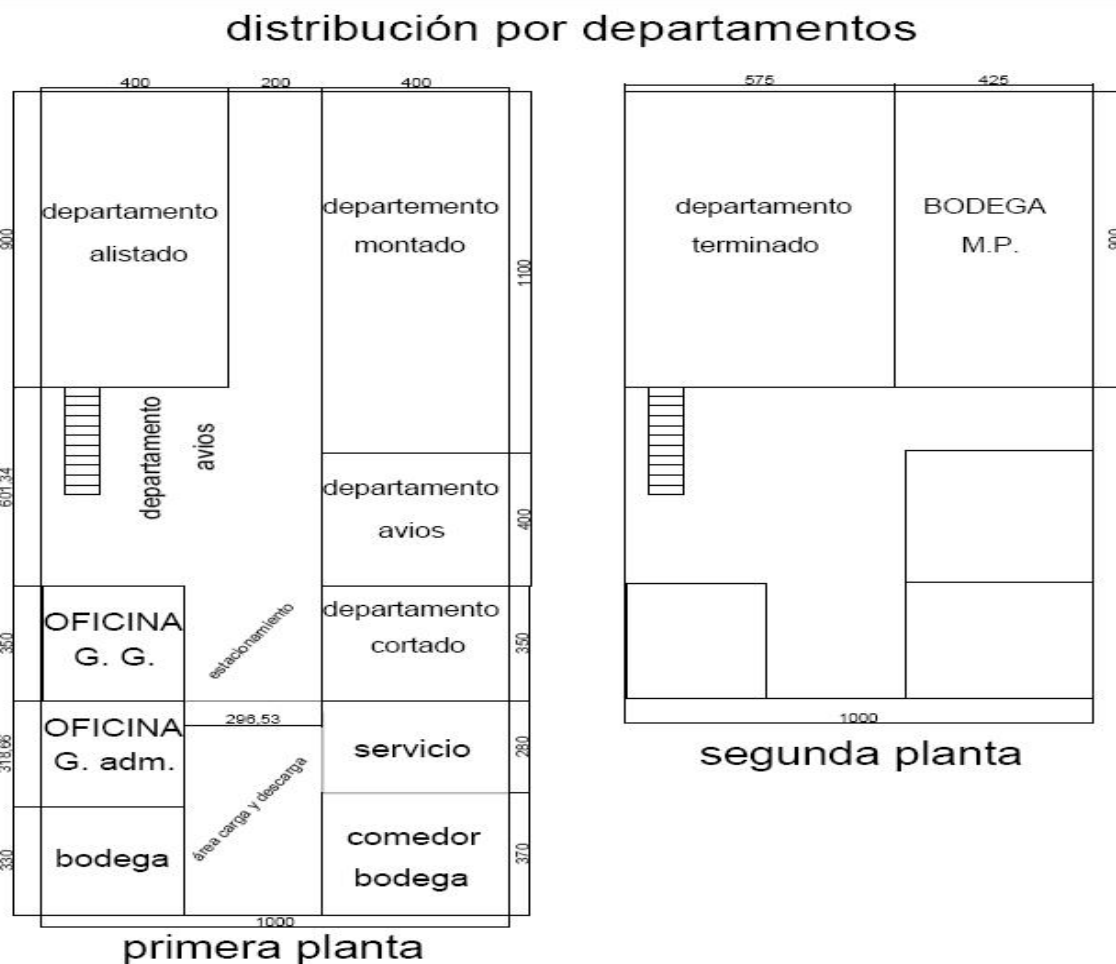


Fuente: *Techo dos aguas*. http://www.bibliocad.com/biblioteca/estructura-de-techo-de-dos-aguas_36083. Consulta: septiembre de 2016.

2.2.2. Distribución de departamentos

En la primera planta, se encuentran los departamentos de corte, alistado, montado y armado de avíos. Estos se encuentran ubicados en el área, según el siguiente plano.

Figura 14. Plano de distribución

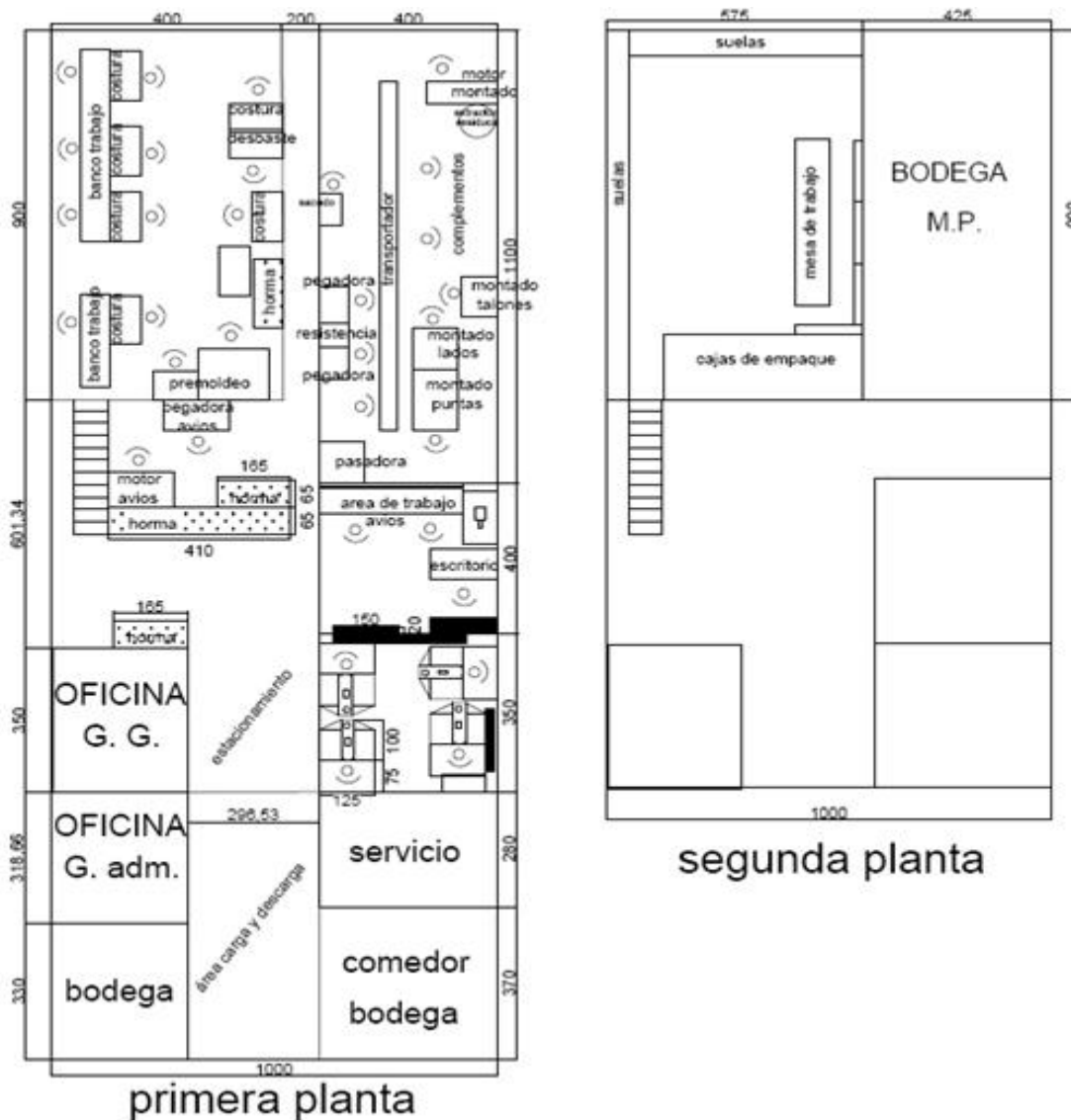


Fuente: elaboración propia.

2.2.3. Distribución de maquinaria y equipo

La distribución de la maquinaria especializada y bancos de trabajo con la que cuenta cada área se detallan en el siguiente plano.

Figura 15. Plano de maquinaria y equipo



Fuente: elaboración propia.

2.2.4. Iluminación

La iluminación, en una planta industrial, cumple un papel muy importante dentro del proceso de producción. Una iluminación correcta en las áreas de trabajo no solo ayudará a incrementar la eficiencia del sistema, sino que evitará que los operarios sufran enfermedades de la vista. Además, está científicamente comprobado que una buena iluminación en el área de trabajo contribuye significativamente a disminuir el cansancio y el estrés en el operario que participa directamente en el proceso.

El método de cavidad zonal, conocido y aplicado en la industria, se utilizará para calcular los valores óptimos de iluminación a través de la planta. Este método toma en cuenta tres zonas importantes en el espacio físico que se esté analizando: el nivel de iluminación entre el techo y la parte superior del operario, la iluminación a la altura de la mesa de trabajo y la iluminación en el espacio entre la mesa de trabajo y el suelo de la planta.

Como se podrá deducir, este método es muy efectivo, pues es útil para tener una visualización clara en el techo, sobre todo, en este caso que se trata de una planta de dos niveles. Se puede calcular los lúmenes efectivos para el área de trabajo y proveer la luz necesaria para evitar que los operarios se puedan tropezar con alguna herramienta o algún elemento que se obstaculice el camino y provoque un accidente.

Considerando las condiciones y características de la distribución actual de la planta, se determinó que, para el primer nivel no existen entradas de luz natural debido a la segunda planta. Por ello, se realizan los cálculos de las luminarias necesarias. Se toma como referencia las condiciones de iluminación generales de la planta.

Datos generales

Largo = 20 metros

Ancho = 15 metros

Alto = 6 metros / altura primer nivel 3 m / altura segundo nivel 3 m

Color techo: gris

Color paredes: beige

Color piso: gris

Factor de mantenimiento: 0,6

Reflexión del techo: oscuro

Potencia de lámpara: 2 tubos incandescentes de 40 w

Nivel lumínico: 1000 luxes (por el tipo de actividad realizada es lo óptimo)

Nivel de reflectancia de la luz en las superficies de la pared, techo y piso:

Pared = 0,5 = 50% Techo = 0,5 = 50 % Piso = 0,3 = 30 %

A continuación, se calculará la iluminación necesaria de la primera planta.

Altura de la mesa de trabajo: 0,76 m

Altura de la lámpara al techo 0,9 m

HCC: 0,9 m

HCA: 2,24 m

HCP: 0,76 m

$$RCA = \frac{5HCA(l+a)}{l*a} = \frac{5(2.24)(20+15)}{20(15)} = 1.03$$

$$RCC = \frac{5HCC(l+a)}{l*a} = \frac{5(0.9)(20+15)}{20(15)} = 0.525$$

$$RCP = \frac{5HCP(l+a)}{l*a} = \frac{5(0.76)(20+15)}{20(15)} = 0.44$$

Relación cavidad piso

RCP = 0,44 = 0,5 entonces según tabla 66 PCC = 28

Encontrando k

PCC = 28, RCA = 1,03 se aproxima a 1 PP = 0,5 según tabla 68 k = 0,73

Flujo lumínico

$$\Phi = \frac{\text{Area} * \text{Nivel Luminico}}{k * k'} = \frac{(20 * 15)(1000)}{(0.6)(0.73)} = 684\,931,51$$

Potencia de la lámpara = 2 tubo * 40 watt * 80 lumen = 6,400 lumen

Numero de lámparas

$$NL = \frac{\text{flujo luminico}}{\text{potencia de lampara}} = \frac{684\,931,51}{6400} = 107 \text{ lamparas}$$

El área cubierta será igual a:

$$AC = \text{Area} * NL = (20 * 15)(107) = 32,100 \text{ m}^2$$

Espaciamiento por lámpara:

$$E = \sqrt{AC} = \sqrt{32,100} = 179 \text{ m}$$

Número de lámparas a lo largo:

$$NLL = \frac{E}{\text{ancho}} = \frac{179}{15} = 12$$

12 lámparas de doble tubo de 40 watts cada una.

Número de lámparas a lo ancho:

$$NLA = \frac{E}{\text{largo}} = \frac{179}{20} = 9$$

Para el primer nivel de la planta, el resultado es de 21 lámparas de doble tubo, colocadas uniformemente a través del área del techo para alcanzar una iluminación óptima.

A continuación, se procede a calcular la iluminación correspondiente a la segunda planta del edificio industrial.

Altura mesa de trabajo: 1,1 m segundo nivel

Altura de la lámpara al techo 1,5 m segundo nivel

Pared = 0,5 = 50 %

Piso = 0,3 = 30 %

HCC: 1,5 m

HCA: 1,9 m

HCP: 1,1 m

$$RCA = \frac{5HCA(l+a)}{l * a} = \frac{5(1.9)(4+15)}{4(15)} = 3$$

$$RCC = \frac{5HCC(l+a)}{l * a} = \frac{5(1.5)(4+15)}{4(15)} = 2.37$$

$$RCP = \frac{5HCP(l+a)}{l * a} = \frac{5(1.1)(4+15)}{4(15)} = 1.74$$

Relación cavidad piso

RCP = 1,74 aprox, a 1,7 entonces según tabla 66 PCC = 25

Encontrando k

PCC = 25, RCA = 3, PP = 0,5 según tabla 68 k = 0,63

Entonces, flujo lumínico es igual a:

$$\Phi = \frac{\text{Area} * \text{Nivel Luminico}}{k * k'} = \frac{(4 * 15)(1000)}{(0.63)(0.6)} = 158,730.15$$

Potencia de la lámpara = 2 tubo * 40 watt * 80 lumen = 6,400 lumen

Numero de lámparas

$$NL = \frac{\text{flujo luminico}}{\text{potencia de lampara}} = \frac{158,730.15}{6400} = 25 \text{ lamparas}$$

El área cubierta será igual a:

$$AC = \text{Area} * NL = (20 * 15)(25) = 7,500 \text{ m}^2$$

Espaciamiento por lámpara:

$$E = \sqrt{AC} = \sqrt{7,500} = 86.60 \text{ m}$$

Número de lámparas a lo largo:

$$NLL = \frac{E}{\text{ancho}} = \frac{86.60}{15} = 6 \text{ lámparas de doble tubo de 40 watts cada una}$$

Número de lámparas a lo ancho:

$$NLA = \frac{E}{\text{largo}} = \frac{86.60}{20} = 4 \text{ Lámparas de doble tubo.}$$

El resultado es que se necesitan 10 lámparas de doble tubo, distribuidas a través del área del techo para obtener la iluminación requerida.

Figura 16. Iluminación de segundo nivel



Fuente: INCAD, Zona 7, Ciudad de Guatemala.

2.2.5. Ventilación

La ventilación es otro aspecto importante, sobre todo por el calor generado por las máquinas y el esfuerzo de los operarios. Mediante la ventilación, también se mantiene la temperatura ideal para la mejor conservación de los materiales.

Una correcta ventilación a través de los espacios físicos de la planta reducirá los niveles de fatiga y estrés de los operarios, aumentando de esta forma, su contribución constante a través de las jornadas de trabajo. Como

consecuencia, junto a otras operaciones efectivas, se conseguirá la meta diaria de producción establecida y se cumplirán los objetivos planteados en la planificación estratégica. Por eso, detalles como la ventilación a través del procedimiento de producción, deben considerarse cuidadosamente.

A continuación se calculan las dimensiones óptimas para la entrada y salida de aire a través de la planta.

Datos obtenidos en la fábrica de zapato: 3 ventanas de 0,8m de altura, largo 2 m. Dirección del viento: perpendicular.

Velocidad promedio anual según dato obtenido en el sitio web del INSIVUMEH: 10,2 km/h

Para determinar el caudal requerido para ventilar adecuadamente la fábrica de la frecuencia de cambio de aire por hora, como se muestra a continuación:

$$Q = CAV$$

De donde:

Q = volumen total a evacuar

A = area de la ventana

V = velocidad del aire

C = velocidad de paso

Largo = 20 metros

Ancho = 15 metros

Alto = 6 metros

$$V = 20 * 15 * 6 = 1,800 m^3$$

Y, como se trata de una fábrica de zapatos, es necesario evacuar el aire del ambiente de trabajo de 3 a 4 veces el contenido total de aire por hora; se tomarán 4 renovaciones para una mejor ventilación.

$$A = \frac{Q}{CV} = \frac{1800(4)}{0.5 \left(10.2 \frac{km}{h} * \frac{1000m}{1 km} \right)} = 1.41 m^2$$

$$A = 1.41 m^2$$

De donde:

$A = \text{largo} * \text{ancho}$

$1.41 = 20 * \text{ancho}$

$$\text{ancho} = \frac{A}{\text{largo}} = \frac{1.41}{20} = 0.071 m$$

Por lo tanto, se puede concluir que se deben construir ventanas de 0,071 metros de ancho en las dos paredes de la planta, a todo el largo del mismo.

Actualmente, solo hay tres ventanas que se consideran insuficientes. Sin embargo, según el personal de la empresa, se cuenta con un extractor de gases, que se activa cada cierto tiempo, para eliminar el olor a pegamento. No obstante, no es suficiente porque el olor fuerte se podía percibir a pesar de que el equipo estaba funcionando.

De igual manera, se recomienda a la empresa la utilización de rejillas de ventilación en la parte inferior y superior de la pared para renovar de mejor manera el aire que se encuentra dentro de la fábrica. Esto evitará el efecto de somnolencia provocado por el pegamento para los zapatos. Además, la inhalación de dicho producto ocasiona daños cerebrales a largo plazo.

2.2.6. Ruido

El ruido también se debe considerar para salvaguardar la salud de los trabajadores y de las comunidades que se encuentran alrededor de la planta.

Una exposición continua a niveles altos de ruido puede provocar daños auditivos y contaminación ambiental por este factor.

Por ello, es necesario conocer los valores que se generan cuando se trabaja la producción. El valor de este factor es necesario para proponer una redistribución del equipo a través de la planta de producción.

Para los cálculos de ruido se tomó en consideración la maquinaria con mayor impacto para la planta, la cual está conformada por:

- Pasadora
- Troqueladora
- Montadora de puntas
- Montadora de lados
- Montadora de talones
- Pre moldeador

Tabla I. **Valores de ruido y exposición**

| Puesto de trabajo | Ruido (dB) | Exposición (h) |
|--------------------------|-------------------|-----------------------|
| Corte | 95 | 8 |
| Ensamblado | 100 | 4 |
| Montado | 85 | 4 |
| terminado | 82 | 8 |
| Oficinas | 65 | 7 |

Fuente: elaboración propia.

Con estos datos se calcula la dosificación del ruido en la fábrica de Industria de Calzado Dilson.

$$D = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n}$$

$$D = \frac{8}{4} + \frac{4}{2} + \frac{4}{16} + \frac{8}{24.3} = 2 + 2 + 0.25 + 0.33 = 4.57$$

entonces tenemos que: $D > 4$

Por lo tanto, la dosificación de exposición al trabajo se encuentra arriba del máximo permitido, por lo cual es necesario tomar las medidas correspondientes en la distribución actual y el uso de protección auditiva en todas las áreas de la empresa que sobrepasen de los 65 decibeles porque pueden ocasionar pérdida auditiva, como enfermedad ocupacional.

2.3. Desechos generados en el proceso

La mayoría de los desechos originados en el proceso de fabricación de calzado se generan en el departamento de corte, donde ocurre la transformación de materiales. Regularmente se crean desperdicios cuando se utilizan los patrones para el cortado.

A pesar de ser diseñados de manera tal que el trazo se ajuste a las medidas de los materiales utilizados, esto no se logra a cabalidad, sin embargo, también deben considerarse daños ocasionados durante el proceso o defectos característicos, en su mayoría, de la materia de origen natural.

2.3.1. Tipos de desechos

En la industria del calzado la mayoría de los desechos son sólidos, sin embargo, en algunas operaciones se utilizan materiales tóxicos los que, a su vez, producen sobrantes o desperdicios en los procesos, entre ellos están los adhesivos de neopreno y solventes.

Los sólidos generados son de tipo no peligroso ya que en su composición no poseen tóxicos y pueden ser reciclados para generar nuevos subproductos.

Entre los residuos peligrosos están los adhesivos, solventes, brillos, pastas, alcohol, grasas y limpiadores, los cuales se consideran inflamables y tóxicos.

Figura 17. **Desechos producidos**



Fuente: INCAD, Zona 7, Ciudad de Guatemala.

2.3.2. Manejo de desechos

En este momento, Industrias de Calzado Dilson, desconoce las características de los desechos que generan los procesos, por lo cual no regula su eliminación. En la actualidad, solo se contrata un proveedor de servicio de recolección de desechos para la extracción de la planta.

2.3.3. Controles de desperdicio

Los desperdicios, generalmente, son característicos del uso de fibras naturales, debido a sus defectos de origen, entre ellos, la piel. Actualmente, es implementado el diseño de los nuevos modelos tomando en consideración esta variable, de forma tal que los patrones que se utilizan para cortar se ajusten a los materiales cortados. A pesar de que se generan desperdicios, no existe una política que los regule algún uso en subproductos para estos.

2.4. Mantenimiento

El mantenimiento ha cobrado relevancia conforme la tecnología ha ido avanzando. Como consecuencia, se han reducido las malas prácticas de no proveer mantenimiento efectivo a las maquinarias que componen el proceso de fabricación. El mantenimiento tenía la finalidad de aumentar su tiempo de operación para producir incesantemente. No se tomaba en cuenta que esto, en realidad, reduce la vida útil del equipo, además se incrementan los errores en el proceso y merman los estándares de calidad previstos.

El mantenimiento puede enfocarse desde dos perspectivas: el preventivo y el correctivo. Además, los avances tecnológicos permiten considerar los mantenimientos predictivo y proactivo, entre otros.

El objetivo del mantenimiento preventivo es prevenir fallas que afectarían el tiempo de producción. Para aplicar este mantenimiento, se puede acudir a herramientas que proveen de manera efectiva la información requerida por el ingeniero o el analista encargado.

Es necesario tomar en consideración qué tipo de elementos son objetos del mantenimiento, para optimizar el proceso, además se debe analizar qué otras variables del proceso pueden verse afectadas cuando ocurra alguna falla en el sistema. Esta es la única manera para diseñar un plan efectivo y ponerlo en ejecución sin afectar la producción.

2.4.1. Estado actual del equipo

Debido a que la empresa INCAD carece, actualmente, de un plan de mantenimiento del equipo, se desconoce el estado de los componentes de la maquinaria, lubricantes, filtros, micro interruptor, grasas, entre otros.

Esto genera una gran incertidumbre en la producción e impide la fluidez constante en largos períodos de fabricación. Además, influye directamente en el aumento de tiempos muertos en las maquinarias y, por consiguiente, tiempos de ocio para los operarios.

2.4.2. Procedimientos de mantenimiento actual

Debido a lo anterior, cuando surgen fallas en la maquinaria, los operarios capacitados y con mayor experiencia, cambian los elementos deteriorados de la maquinaria.

Por esta razón, desatienden algunas actividades requeridas en el proceso, además provocan deficiencia directa en el proceso operativo.

Figura 18. **Maquinaria en parada**



Fuente: INCAD, Zona 7, Ciudad de Guatemala.

2.4.3. Stock de repuestos

Es importante contar con repuestos para la maquinaria específica para esta industria para evitar retrasos por inexistencia de los mismos en las bodegas. Debe considerarse que, para obtener uno de estos repuestos es necesario solicitarlo al extranjero. Las pérdidas por este concepto son considerables.

El control de existencias óptimas y mínimas en el sistema corresponde al encargado de bodega. De manera que, al ordenar adecuadamente los procesos, él pueda realizar el pedido correspondiente para el reabastecimiento de las herramientas, repuesto y materiales necesarios.

Figura 19. **Almacenamiento**



Fuente: INCAD, Zona 7, Ciudad de Guatemala.

2.4.4. Controles de mantenimiento

Se cuenta con bitácoras que documentan las acciones realizadas a la maquinaria cuando ocurre algún incidente. Debido a que únicamente se lleva a cabo para su registro, no se revisan posteriormente para un análisis de comportamiento operativo. Por esta razón, se desconocen los mantenimientos o cambios de elementos recientes de la maquinaria.

Es evidente que este es uno de los problemas que mayor incidencia tiene en la efectividad del sistema. El empirismo impera en las acciones que se deben tomar cuando ocurre algún incidente que produzca el paro de la maquinaria ocasionado por algún desperfecto mecánico. Este es un aspecto muy importante que se debe tomar en cuenta para la propuesta de mejora.

3. PROPUESTA DE MEJORA

3.1. Estudio de tiempos y distancia de procesos

Para realizar este análisis se tomaron en consideración algunas características especiales del operario, como su experiencia, tipo de desgaste, entre otros. De esta manera, se obtuvieron datos apegados a la realidad del proceso, que reflejen los índices y las capacidades con las que se desempeñan en su labor del día a día.

A continuación, se observa un estudio de tiempo realizado a un operario encargado de llevar a cabo el proceso de troquelado de avíos.

Tabla II. **Tiempo observado de troquelado de avío**

| | | Estudio núm: 1 | | | | | | | | | | | | Fecha: 21/04/2015 | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-------|----------------------------|----|----|----|-------------------|----|----|----|---------------------|----|----|----|-------------------|----|----|----|--------------------|----|----|----|---|----|----|----|
| | | Operación: Corte de Piezas | | | | | | | | | | | | Operario: | | | | Herbert Barreno | | | | | | | |
| ELEMENTO NUM Y DESCRIPCION | | 1 Preparar área de trabajo | | | | 2 Cortar Material | | | | 3 Troquelar /Cortar | | | | 4 Numerar piezas | | | | 5 Limpiar estación | | | | 6 | | | |
| Notas | Ciclo | C | LC | TO | TN | C | LC | TO | TN | C | LC | TO | TN | C | LC | TO | TN | C | LC | TO | TN | C | LC | TO | TN |
| | 1 | | | 42 | 0 | | | | 0 | | | 41 | 0 | | | 5 | 0 | | | 77 | 0 | | | | 0 |
| | 2 | | | 35 | 0 | | | | 0 | | | 17 | 0 | | | 6 | 0 | | | 50 | 0 | | | | 0 |
| | 3 | | | 30 | 0 | | | | 0 | | | 30 | 0 | | | 5 | 0 | | | 83 | 0 | | | | 0 |
| | 4 | | | 42 | 0 | | | | 0 | | | 20 | 0 | | | 7 | 0 | | | 42 | 0 | | | | 0 |
| | 5 | | | 50 | 0 | | | | 0 | | | 23 | 0 | | | 8 | 0 | | | 50 | 0 | | | | 0 |
| | 6 | | | 47 | 0 | | | | 0 | | | 20 | 0 | | | 5 | 0 | | | 67 | 0 | | | | 0 |
| | 7 | | | 67 | 0 | | | | 0 | | | 27 | 0 | | | 4 | 0 | | | 60 | 0 | | | | 0 |
| | 8 | | | 83 | 0 | | | | 0 | | | 27 | 0 | | | 6 | 0 | | | 75 | 0 | | | | 0 |
| | 9 | | | 50 | 0 | | | | 0 | | | 17 | 0 | | | 6 | 0 | | | 38 | 0 | | | | 0 |
| | 10 | | | 43 | 0 | | | | 0 | | | 13 | 0 | | | 7 | 0 | | | 62 | 0 | | | | 0 |
| | 11 | | | 83 | 0 | | | | 0 | | | 17 | 0 | | | 8 | 0 | | | 57 | 0 | | | | 0 |
| | 12 | | | 67 | 0 | | | | 0 | | | 30 | 0 | | | 10 | 0 | | | 98 | 0 | | | | 0 |
| | 13 | | | 50 | 0 | | | | 0 | | | 17 | 0 | | | 5 | 0 | | | 75 | 0 | | | | 0 |
| | 14 | | | 42 | 0 | | | | 0 | | | 20 | 0 | | | 6 | 0 | | | 60 | 0 | | | | 0 |
| | 15 | | | 33 | 0 | | | | 0 | | | 13 | 0 | | | 7 | 0 | | | 72 | 0 | | | | 0 |

Fuente: elaboración propia.

En tanto se llevaba a cabo la observación, no se determinaron elementos extraños que pudieran afectar directa o indirectamente el rendimiento del operario en ese procedimiento. Así que se procedió a determinar algunos requerimientos normales inherentes al ser humano.

Tabla III. **Elementos extraños y suplementos**

| Elementos Extraños | | | | Verificación de tiempos | | Resumen de Suplementos | | |
|------------------------------|-----|-----|----|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| Sim | LC1 | LC2 | TO | DESCRIPCION | Tiempo terminación | 01:40:00 | NECESIDADES PERSONALES | 5 |
| A | 0 | 0 | 0 | | Tiempo inicial | 02:05:00 | Fatiga basica | 4 |
| B | | | 0 | | tiempo transcurrido | 25 | fatiga variable | |
| C | | | 0 | | TTAE | 5 | especial | 11 |
| D | | | 0 | | TTDE | 3 | % de suplementos total | 20 |
| E | | | 0 | | Tiempo total | 8 | Observaciones: | |
| F | | | 0 | | Tiempo efectivo | 21,54 | | |
| G | | | 0 | | Tiempo inefectivo | 0 | | |
| Verificación de calificación | | | | | Tiempo total registrado | 29,54 | | |
| tiempo sintetico | | | | | Tiempo no registrado | 4,54 | | |
| tiempo observado | | | | | % de error de registro | 18,2% | | |
| | | | | | | | | Metodo de Regreso a Cero |

Fuente: elaboración propia.

Se tomaron en cuenta los siguientes suplementos especiales detectados en el operario analizado en este proceso.

Tabla IV. **Suplementos especiales de avío**

| Suplemento Especial | H | M |
|----------------------------------|-----------|---|
| Trabajar de Pie | 2 | |
| Uso de fuerza o energía muscular | 0 | |
| Postura | 0 | |
| Iluminacion | 0 | |
| Concentracion intensa | 0 | |
| Ruido | 2 | |
| Tension Mental | 4 | |
| Monotonia | 1 | |
| Tedio | 2 | |
| Total | 11 | |

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Resumen de datos de troquelado de avío**

| | | | | | | |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| TO Total | 7,634 | 0,000 | 3,313 | 0,950 | 9,650 | 0,000 |
| calificacion | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 |
| TN Total | 6,107 | 0,000 | 2,650 | 0,760 | 7,720 | 0,000 |
| Num. De observaciones | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| TN promedio | 0,407 | 0,000 | 0,177 | 0,051 | 0,515 | 0,000 |
| % suplementos | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Tiempo est. Elemental | 0,509 | 0,000 | 0,221 | 0,063 | 0,643 | 0,000 |
| Num. Ocurrencias | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Tiempo estandar | 0,509 | 0,000 | 0,221 | 0,063 | 0,643 | 0,000 |
| Tiempo total estandar (min) | | | | | | 1,436 |

Fuente: elaboración propia.

Se pudo determinar que la operación de troquelado de avío observado en el operario analizado, correspondía a un tiempo de 1,436 minutos.

De igual forma se determinó con la operación de troquelado de piel.

Tabla VI. **Tiempo observado en troquelado de piel**

| | | Estudio núm: 1 | | | | | | | | | | | | Fecha: 21/04/2015 | | | | Operario: Carlos Morales | | | | | | | | |
|----------------------------|-------|----------------------------|----|----|----|---------------------|----|-----|----|------------------|----|----|----|--------------------|----|-----|----|--------------------------|----|----|----|---|----|----|----|---|
| | | 1 Preparar área de trabajo | | | | 2 Troquelar /Cortar | | | | 3 Numerar piezas | | | | 4 Limpiar estación | | | | 5 | | | | 6 | | | | |
| ELEMENTO NUM Y DESCRIPCION | Ciclo | C | LC | TO | TN | C | LC | TO | TN | C | LC | TO | TN | C | LC | TO | TN | C | LC | TO | TN | C | LC | TO | TN | |
| Notas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | | | 67 | 0 | | | 98 | 0 | | | 12 | 0 | | | 33 | 0 | | | | | | | | | 0 |
| | 2 | | | 33 | 0 | | | 62 | 0 | | | 17 | 0 | | | 25 | 0 | | | | | | | | | 0 |
| | 3 | | | 67 | 0 | | | 120 | 0 | | | 18 | 0 | | | 50 | 0 | | | | | | | | | 0 |
| | 4 | | | 50 | 0 | | | 83 | 0 | | | 20 | 0 | | | 75 | 0 | | | | | | | | | 0 |
| | 5 | | | 67 | 0 | | | 85 | 0 | | | 17 | 0 | | | 57 | 0 | | | | | | | | | 0 |
| | 6 | | | 83 | 0 | | | 150 | 0 | | | 33 | 0 | | | 108 | 0 | | | | | | | | | 0 |
| | 7 | | | 92 | 0 | | | 117 | 0 | | | 17 | 0 | | | 130 | 0 | | | | | | | | | 0 |
| | 8 | | | 58 | 0 | | | 70 | 0 | | | 13 | 0 | | | 20 | 0 | | | | | | | | | 0 |
| | 9 | | | 67 | 0 | | | 60 | 0 | | | 15 | 0 | | | 25 | 0 | | | | | | | | | 0 |
| | 10 | | | 72 | 0 | | | 88 | 0 | | | 17 | 0 | | | 92 | 0 | | | | | | | | | 0 |
| | 11 | | | 83 | 0 | | | 110 | 0 | | | 33 | 0 | | | 50 | 0 | | | | | | | | | 0 |
| | 12 | | | 67 | 0 | | | 112 | 0 | | | 18 | 0 | | | 42 | 0 | | | | | | | | | 0 |
| | 13 | | | 42 | 0 | | | 102 | 0 | | | 22 | 0 | | | 75 | 0 | | | | | | | | | 0 |
| | 14 | | | 50 | 0 | | | 103 | 0 | | | 25 | 0 | | | 42 | 0 | | | | | | | | | 0 |
| | 15 | | | 67 | 0 | | | 62 | 0 | | | 33 | 0 | | | 50 | 0 | | | | | | | | | 0 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Elementos extraños y suplementos de troquelado de piel**

| Elementos Extraños | | | | Verificación de tiempos | | | Resumen de Suplementos | |
|------------------------------|-----|-----|----|-------------------------|-------------------------|----------|------------------------|--------------------------|
| Sim | LC1 | LC2 | TO | DESCRIPCION | Tiempo terminación | 02:10:00 | NECESIDADES PERSONALES | 5 |
| A | 0 | 0 | 0 | | Tiempo inicial | 02:50:00 | Fatiga basica | 4 |
| B | | | 0 | | tiempo transcurrido | 40 | fatiga variable | 0 |
| C | | | 0 | | TTAE | 5 | especial | 11 |
| D | | | 0 | | TTDE | 3 | % de suplementos total | 20 |
| E | | | 0 | | Tiempo total | 8 | Observaciones: | |
| F | | | 0 | | Tiempo efectivo | 35,685 | | |
| G | | | 0 | | Tiempo inefectivo | 0 | | |
| Verificación de calificación | | | | | Tiempo total registrado | 436,855 | | |
| tiempo sintético | | | | | Tiempo no registrado | 36,855 | | |
| tiempo observado | | | | | % de error de registro | 9,2% | | |
| | | | | | | | | Metodo de Regreso a Cero |

Fuente: elaboración propia.

Los suplementos especiales para el operario encargado de esta operación se describen a continuación.

Tabla VIII. **Suplementos especiales troquelado de piel**

| Suplemento Especial | H | M |
|----------------------------------|-----------|---|
| Trabajar de Pie | 2 | |
| Uso de fuerza o energía muscular | 0 | |
| Postura | 0 | |
| Iluminación | 0 | |
| Concentración intensa | 0 | |
| Ruido | 2 | |
| Tensión Mental | 4 | |
| Monotonía | 1 | |
| Tedio | 2 | |
| Total | 11 | |

Fuente: elaboración propia.

Para este procedimiento, se anotaron los siguientes suplementos, sin que se haya encontrado ningún elemento extraño.

Tabla XI. **Suplementos y elementos extraños de alistado**

| Elementos Extraños | | | | Verificación de tiempos | | Resumen de Suplementos | | |
|------------------------------|-----|-----|----|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| Sim | LC1 | LC2 | TO | DESCRIPCION | Tiempo terminación | 09:22:00 | NECESIDADES PERSONALES | 5 |
| A | 0 | 0 | 0 | | Tiempo inicial | 09:16:00 | Fatiga basica | 4 |
| B | | | | | tiempo transcurrido | 6 | fatiga variable | 0 |
| C | | | 0 | | TTAE | 1,86 | especial | 10 |
| D | | | 0 | | TTDE | 0,6 | % de suplementos total | 19 |
| E | | | 0 | | Tiempo total | 2,46 | Observaciones: | |
| F | | | 0 | | Tiempo efectivo | 26,93 | | |
| G | | | 0 | | Tiempo inefectivo | 0 | | |
| Verificación de calificación | | | | | Tiempo total registrado | 29,39 | | |
| tiempo sintético | | | | | Tiempo no registrado | 23,39 | | |
| tiempo observado | | | | | % de error de registro | 389,8% | | |
| | | | | | | | | Metodo de Regreso a Cero |

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se presentan los suplementos especiales correspondientes a la operación de alistado.

Tabla XII. **Suplementos especiales de alistado**

| Suplemento Especial | H | M |
|----------------------------------|-----------|---|
| Trabajar de Pie | 2 | |
| Uso de fuerza o energía muscular | 0 | |
| Postura | 0 | |
| Iluminación | 0 | |
| Concentración intensa | 2 | |
| Ruido | 2 | |
| Tensión Mental | 4 | |
| Monotonía | 0 | |
| Tedio | 0 | |
| Total | 10 | |

Fuente: elaboración propia.

Los suplementos normales y elementos extraños corresponden a:

Tabla XV. **Suplementos y elementos extraños en montado**

| Elementos Extraños | | | | Verificación de tiempos | | | Resumen de Suplementos | |
|------------------------------|-----|-----|----|-------------------------|-------------------------|----------|------------------------|--------------------------|
| Sim | LC1 | LC2 | TO | DESCRIPCION | Tiempo terminación | 02:39:00 | NECESIDADES PERSONALES | 5 |
| A | 0 | 0 | 0 | | Tiempo inicial | 02:25:00 | Fatiga basica | 4 |
| B | | | 0 | | tiempo transcurrido | 14 | fatiga variable | 0 |
| C | | | 0 | | TTAE | | especial | 11 |
| D | | | 0 | | TTDE | | % de suplementos total | 20 |
| E | | | 0 | | Tiempo total | 0 | Observaciones: | |
| F | | | 0 | | Tiempo efectivo | 25,67 | | |
| G | | | 0 | | Tiempo inefectivo | 0 | | |
| Verificación de calificación | | | | | Tiempo total registrado | 25,67 | | |
| tiempo sintético | | | | | Tiempo no registrado | 11,67 | | |
| tiempo observado | | | | | % de error de registro | 83,4% | | |
| | | | | | | | | Metodo de Regreso a Cero |

Fuente: elaboración propia.

Los suplementos especiales para este proceso, comprenden en:

Tabla XVI. **Suplementos especiales en montado**

| Suplemento Especial | H | M |
|----------------------------------|-----------|---|
| Trabajar de Pie | 2 | |
| Uso de fuerza o energía muscular | 0 | |
| Postura | 0 | |
| Iluminación | 0 | |
| Concentración intensa | 2 | |
| Ruido | 2 | |
| Tensión Mental | 1 | |
| Monotonía | 4 | |
| Tedio | 0 | |
| Total | 11 | |

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, se tiene como resultado la siguiente tabla de resumen de datos para el proceso de montaje.

Tabla XVII. Resumen de datos de montaje

| | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| TO Total | 3,39 | 4,83 | 2,27 | 6,47 | 4,98 | 3,73 | 3,61 | 4,95 |
| calificacion | 90 | 85 | 80 | 90 | 75 | 90 | 85 | 80 |
| TN Total | 3,051 | 4,106 | 1,816 | 5,823 | 3,735 | 3,357 | 3,069 | 3,960 |
| Num. De observaciones | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| TN promedio | 0,203 | 0,274 | 0,121 | 0,388 | 0,249 | 0,224 | 0,205 | 0,264 |
| % suplementos | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 0 | 0 |
| Tiempo est. Elemental | 0,254 | 0,342 | 0,151 | 0,485 | 0,311 | 0,280 | 0,205 | 0,264 |
| Num. Ocurrencias | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Tiempo estandar | 0,254 | 0,342 | 0,151 | 0,485 | 0,311 | 0,280 | 0,205 | 0,264 |
| Tiempo total estandar (min) | | | | | | | | 1,807 |

Fuente: elaboración propia.

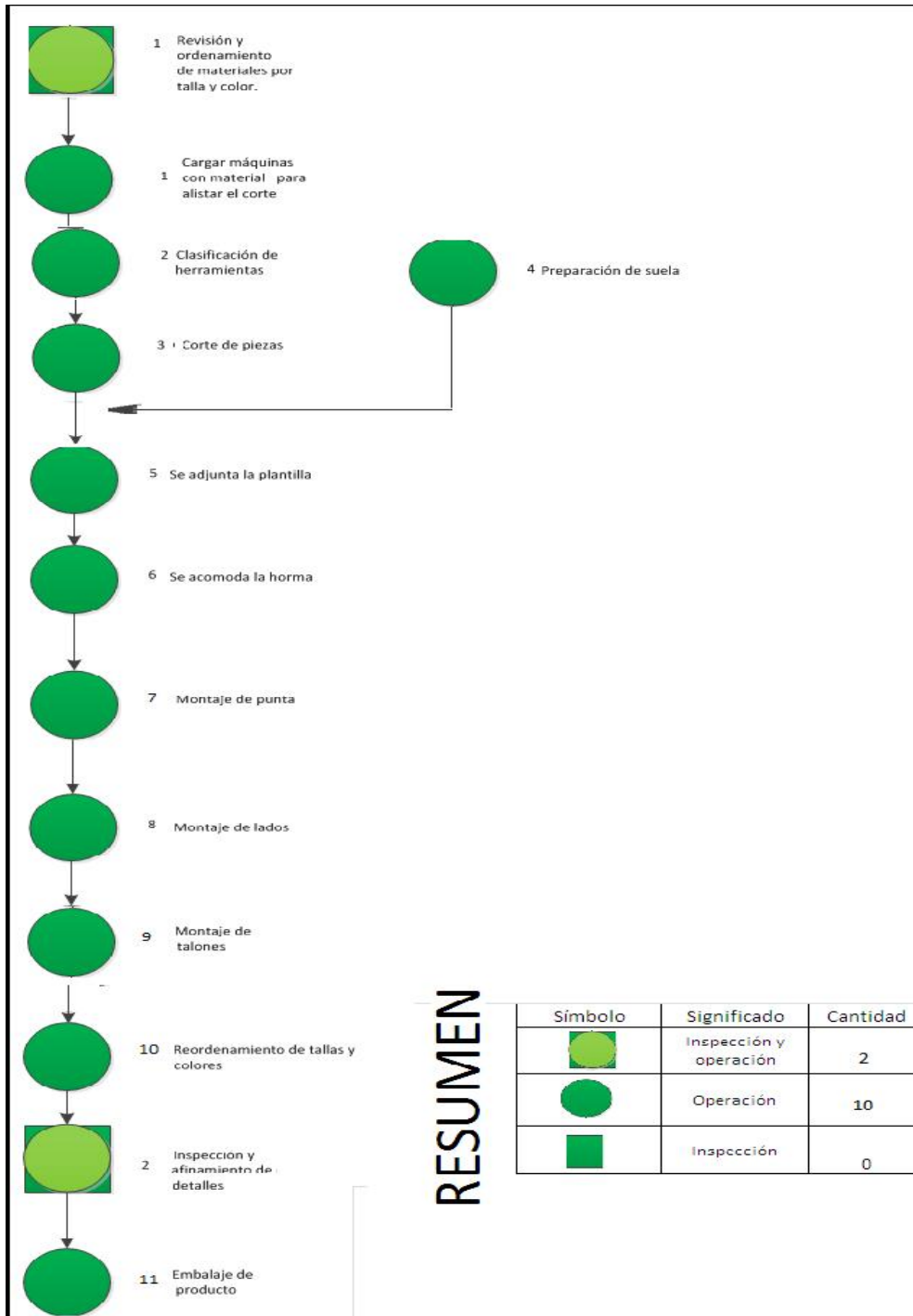
Se observa que el proceso de montaje da como resultado un tiempo estándar de 1,807 minutos, tomando en cuenta todas las consideraciones estándar y suplementos mencionados.

3.1.1. Diagrama de proceso

A diferencia del diagrama de flujo, el diagrama de proceso comprende una descripción del procedimiento de manera generalizada, ya que sus componentes simbólicos para la representación de las acciones involucradas, están contenidas únicamente en tres símbolos: el símbolo de operación (representado por un círculo), el símbolo de inspección (representado por un cuadrado) y finalmente, el símbolo de inspección y operación (un círculo contenido en un cuadrado).

A continuación, se presenta el diagrama de proceso propuesto para la mejora de los procedimientos.

Figura 20. Diagrama de proceso de fabricación de calzado

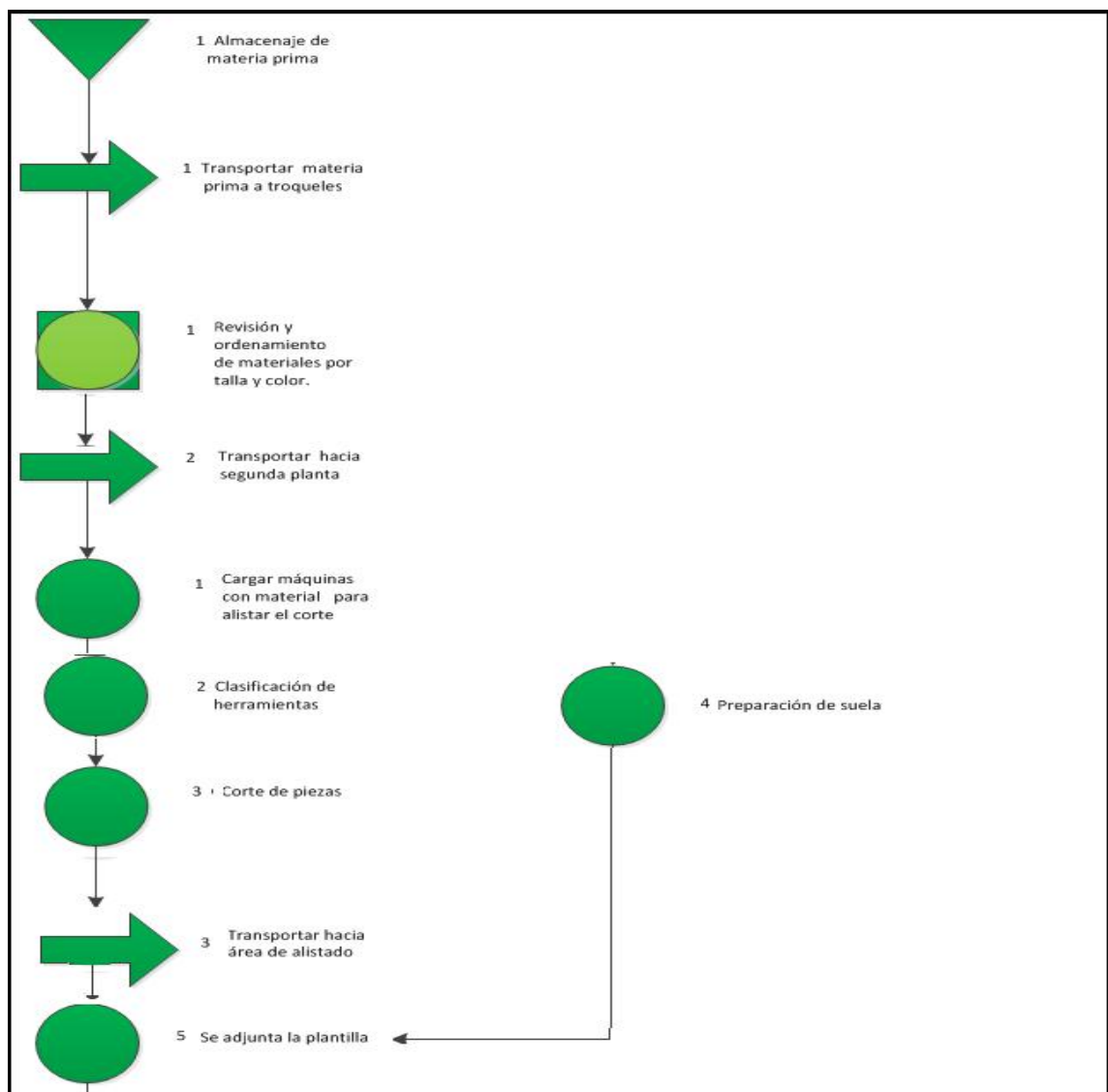


Fuente: elaboración propia.

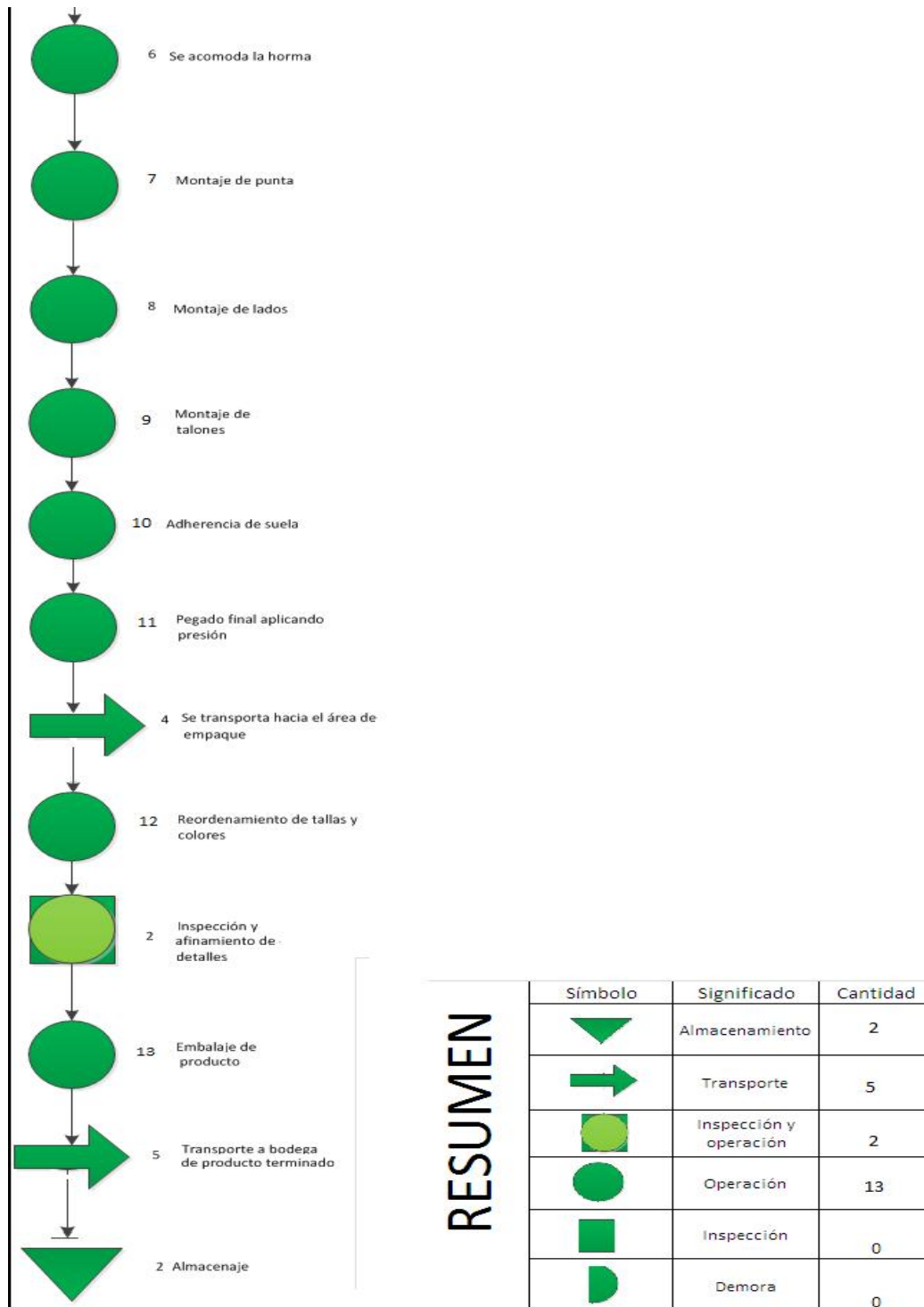
3.1.2. Diagrama de flujo

El diagrama de flujo detalla de manera más específica, las operaciones que se llevan a cabo. Se emplea un mayor número de símbolos para describir su esquema.

Figura 21. Diagrama de flujo de fabricación de calzado



Continuación de figura 21.

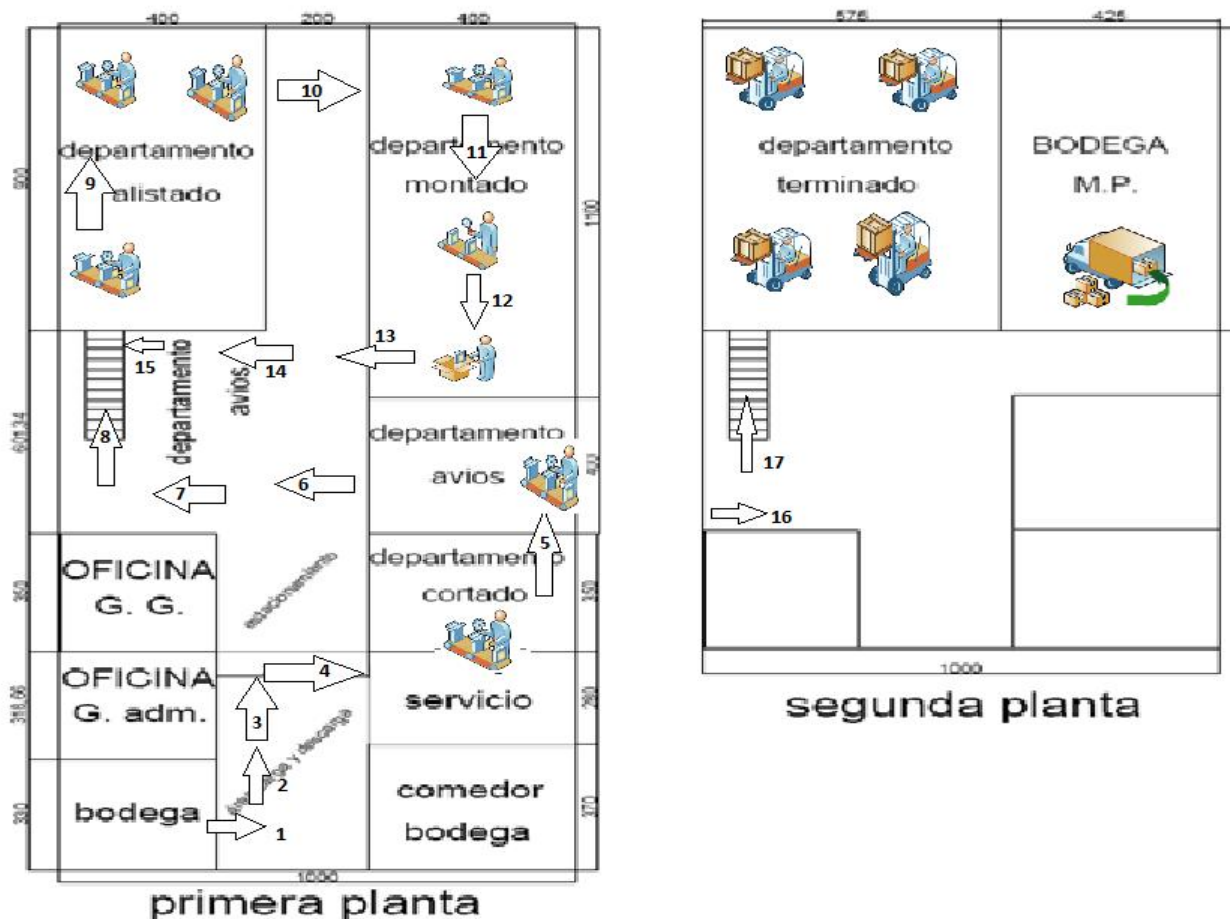


Fuente: elaboración propia.

3.1.3. Diagrama de recorrido

El diagrama de recorrido es una representación gráfica que describe los procedimientos con una simbología más parecida a los elementos de trabajo dentro del sistema. Además de marcar físicamente el movimiento que se genera producto de la naturaleza del proceso analizado.

Figura 22. Diagrama de recorrido de fabricación de calzado



Fuente: elaboración propia.

3.1.4. Eficiencia en los procesos

La fabricación del calzado en Industrias de Calzado Dilson, en una jornada diurna ordinaria, con sus métodos de producción establecidos, durante una semana, comprende una producción promedio de 800 pares.

Con los datos obtenidos en los apartados anteriores, se logró determinar una nueva tasa de producción tomando en cuenta las mejoras propuestas, así como los nuevos procedimientos estandarizados en la línea de producción. Se contempla que la fabricación de calzado aumentará en un 15 <% pasando de producir 800 pares semanales a producir 920.

Esto tendrá una repercusión directa en el aumento del índice de productividad, debido a que los recursos serán los mismos, sin embargo, la producción será mayor. Esto se logra al concretar los cambios establecidos en la ruta de manejo de materiales, la redistribución de la maquinaria y la afinación del equipo de trabajo.

3.2. Características del edificio

A continuación, se describirán las principales características de acondicionamiento que se deberán de tomar en cuenta para la obtención de los resultados propuestos.

Dichos cambios se han planteado conforme a los estudios de los procesos operativos, y las recomendaciones de salud y seguridad ocupacional, así como los requerimientos ambientales que así sean requeridas.

Como primera acción recomendada, es necesario implementar la iluminación requerida, calculada en los apartados correspondientes. Esto proveerá de una zona de trabajo óptima y reducirá significativamente los accidentes que se pudieran generar en el proceso de acondicionamiento del edificio.

Durante los fines de semana, se deben construir los orificios de ventilación en el área recomendada de las paredes. De esta manera no se interrumpirán significativamente las operaciones que se lleven a cabo entre semana. Además, se evita dañar el material que se encuentre en la bodega de materia prima.

3.2.1. Ubicación

Debido a la ubicación de la planta se deben tomar consideraciones con el uso de espacios, dado que no se encuentra en un área para usos industriales.

En ocasiones, en colindancia con la planta pueden encontrarse otras viviendas a las cuales incomode el ruido, vibraciones u otros derivados del uso de la maquinaria industrial o del proceso.

Por ello, se recomendó brindar de un espacio que aisle el exceso de ruido producido, recubriendo las paredes de un material aislante sonoro, así como de la revisión de la cimentación en la cual se encuentran redistribuida la maquinaria, para que las vibraciones producidas por éstas no ocasionen daños a la infraestructura de la planta.

3.2.2. Área utilizable

Se pretende utilizar con mayor eficiencia los espacios de la planta, tanto la planta baja como el espacio aéreo en una segunda planta, ya que por su crecimiento sin control las áreas no se encuentran en una secuencia del proceso.

Por esta razón, se reacondicionarán los departamentos, de manera que haya congruencia más efectiva en el proceso. Además, se reduce en gran medida el manejo de materiales entre departamentos, para conseguir una mayor eficiencia del tiempo laboral y evitar pérdida de tiempo efectivo en situaciones que no aporten valor al producto.

3.3. Recuperación de espacios

Se pretenderá recuperar espacios perdidos. Para ello, se redistribuirá el equipo y las estructuras. Se implementarán nuevas estructuras que aporten espacios nuevos o mejoras con capacidad de asistir a las necesidades del proceso.

Estas redistribuciones incluyen la eliminación de las gradas frontales que conectan las áreas entre el departamento de alistado y las oficinas. Para esto, se cambiará su posición, conectándolas entre el departamento de alistado y el departamento de montado, para dar mayor fluidez al proceso. En lugar de los *lockers* se instalarán estantes para ahorrar espacio en el área de paso y agregar mayor funcionabilidad al proceso de distribución de materia prima y de producto terminado, hacia las bodegas correspondientes.

Figura 23. **Gradas y lockers ocupando espacio innecesario**



Fuente: INCAD, Zona 7, Ciudad de Guatemala.

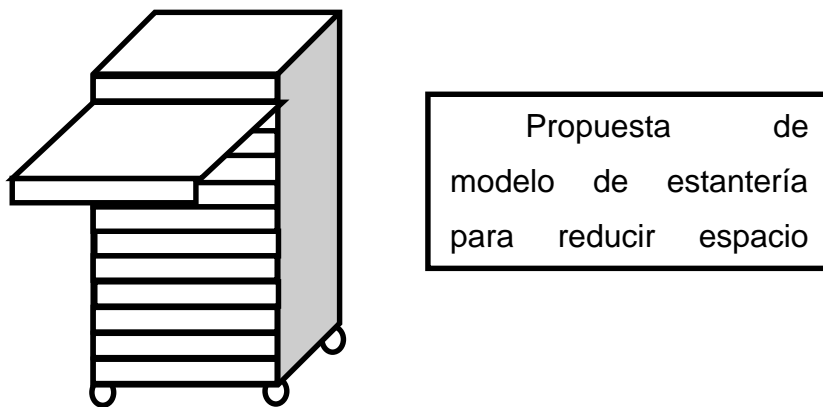
3.3.1. Primera planta

A continuación, se presentarán las mejoras en la redistribución de espacios correspondientes a la primera planta.

Actualmente, el departamento de corte cuenta con cuatro troqueles neumáticos los cuales están distribuidos de manera tal que no es posible un flujo eficiente del proceso. Para solucionar este problema se propone el cambio de ubicación, así como implementación de nuevo equipo de trabajo para aumentar la eficiencia del proceso.

Para recuperar ese espacio, es necesario cambiar las estanterías donde se guardan los suajes, por una especie de módulo con bandejas para aumentar la capacidad de almacenamiento en un espacio reducido. Así, se tendrá mayor flujo y orden.

Figura 24. **Modelo de estantería**

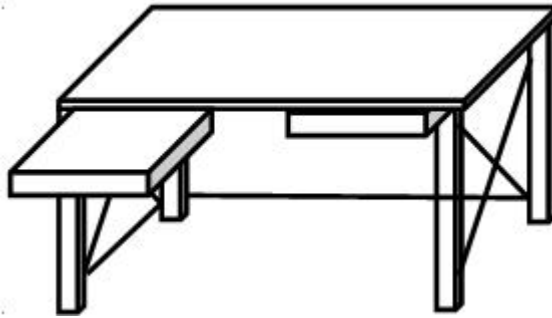


Fuente: elaboración propia.

De esta manera se optimiza el espacio requerido y se mejora la eficiencia, para abordar los procedimientos necesarios en la línea de corte. Además, los materiales requeridos quedan al alcance de los operarios encargados del área.

Los espacios inutilizables en el departamento de alistado se deben a la construcción de bancos de trabajo inadecuados, por lo que se propone un modelo de banco de trabajo que aumente la secuencia y de las operaciones, además, permite el fácil acceso a las herramientas de trabajo.

Figura 25. **Modelo de banco**



Fuente: elaboración propia.

Este modelo, además de proveer un mejor espacio de trabajo, permitirá al operario tener una mejor distribución de herramientas y materiales por medio de su espacio propio de trabajo. Según conceptos de aplicación de 5's, se podrá tener un proceso altamente eficiente y ergonómico.

Por último, en el departamento de avíos, en este departamento hay mayor pérdida de espacio debido a la distribución del módulo de gradas para la segunda planta. Se propone una redistribución de este módulo y reagrupación de maquinaria.

Con la redistribución se aprovechará el espacio y se facilitará el movimiento a través del departamento. Se reducirá considerablemente el flujo de proceso, al no haber ningún elemento interfiriendo de manera directa el procedimiento.

En el apartado 3.4 se observa con mayor detalle la nueva distribución propuesta, lo que denota un aprovechamiento del 85 % del área de trabajo en comparación con la distribución anterior en la que, debido a la obstaculización de diversos tipos de elementos, (algunos con una implicación no directa en el

proceso) se produce pérdida de tiempo y acumulación de fatiga en el operario al redondear estos elementos.

En el departamento de montado no son requeridos cambios o recuperación de espacio ya que en este se da un flujo eficiente en el proceso. Además de contar con la máxima capacidad instalada disponible para este procedimiento.

3.3.2. Segunda planta

A continuación, se presentarán las mejoras en la redistribución de espacios correspondientes a la segunda planta.

Se tomaron en cuenta los nuevos diseños interiores, así como las mejoras en la distribución de las operaciones y distribución del equipo, a través del flujo operativo de la planta de producción de zapatos.

Se propone trasladar a la primera planta el departamento de terminado y empaque para crear una correcta secuencia del proceso.

Para aumentar el rendimiento del proceso es necesario crear adecuadas condiciones de trabajo. Para ello, se debe de contar con una ventilación que se conseguirá eliminando segmentos de la segunda planta para una ventilación natural.

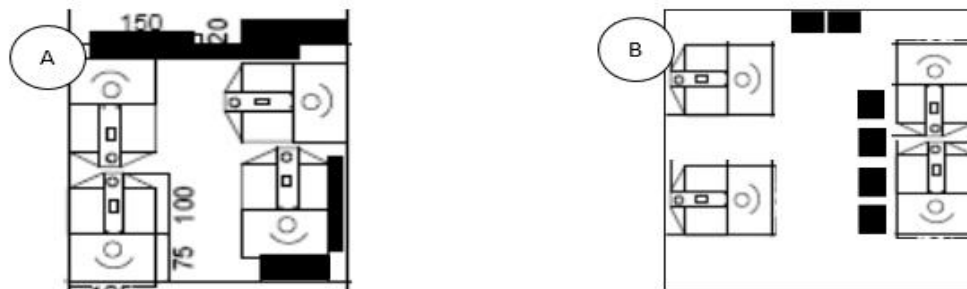
Ya que los materiales tienen una buena resistencia al polvo, se puede establecer una ventilación de forma perpendicular, que permita la circulación efectiva del aire. Además de que los niveles de polvo no alcanzan niveles altos de contaminación.

En el primer nivel se debe contemplar la instalación de ventiladores que provean de la fuerza necesaria al viento para que exista una recirculación y renovación del aire en las oficinas y departamentos ubicados en esa sección del edificio industrial.

3.4. Visualización de planos de redistribución

A continuación, se observa una comparación de los espacios redistribuidos a través de la planta de producción.

Figura 26. Nueva distribución departamento de corte

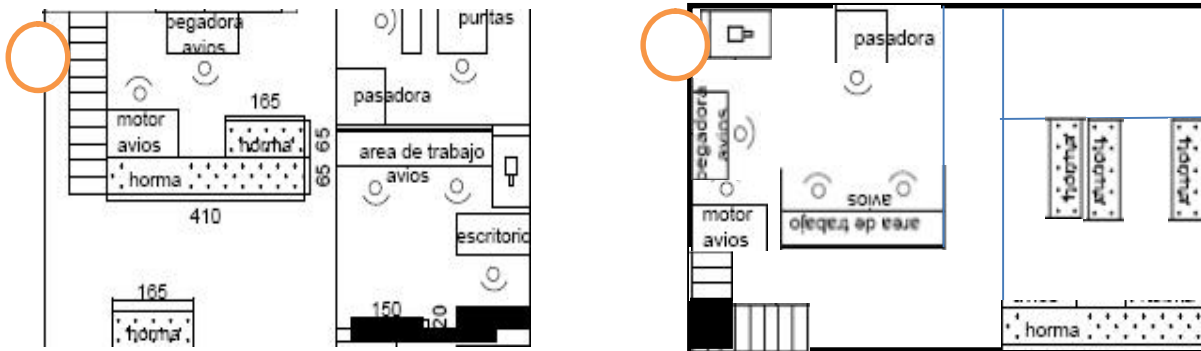


Fuente: elaboración propia.

En la Figura 26, se pueden observar los cuatro troqueles neumáticos, así como los patrones de corte o troqueles que se identifican con los bloques negros en cada imagen.

En la Figura 27, se observa la redistribución del departamento avíos, lo que permite obtener una mejor fluidez del proceso a través de los espacios designados para cada actividad. En el lado izquierdo se ve la distribución antigua, a la derecha se observa la propuesta.

Figura 27. Nueva distribución departamento de avíos



Fuente: elaboración propia.

3.5. Diseño del montaje de nueva distribución

En esta etapa se propone la manera más viable de realizar las propuestas de redistribución de los elementos por mejorar, tomando en consideración la interacción entre elementos que debe aportar un flujo adecuado del proceso.

3.5.1. Maquinaria para diseño de montaje

Se debe considerar el tipo de maquinaria que será cambiada de ubicación, así como el análisis de su montaje actual y, si es necesario, un cambio para su nueva ubicación de manera que todos sus elementos funcionen correctamente.

La maquinaria que requiera de equipo especial para su movilización, debe realizarse según la programación de la producción establecida, de manera que su traslado no ocasione desgastes en las piezas importantes de las cuales no se cuenta con repuesto inmediato en el *stock*.

De igual manera, se debe liberar el espacio de vía para que no exista obstaculización alguna que pueda provocar un accidente y se lesione un operario, además de dañar el equipo.

Se debe contemplar que la cimentación en la nueva distribución de los planos analizados, contenga los niveles requeridos para soportar las cargas provocadas por el funcionamiento de las maquinarias, así como las vibraciones que provocan. Así se evitan agrietamientos y que el efecto de volteo deteriore las maquinarias.

3.5.2. Requerimientos y restricciones

Se deben considerar los días y horarios en los que pueden ser utilizados equipos para el trabajo con soldaduras y cortadoras, entre otros, para llevar a cabo el montaje de nuevas estructuras, también las ubicaciones que pueden tomar los equipos afectados por diversos factores, como, ruido, emisión de calor, entre otros.

La finalidad de esto es evitar al máximo posible la contaminación y el desorden dentro de los departamentos que puedan estar laborando. Con los horarios laborales y los turnos, se puede saber qué persona debe estar trabajando en los departamentos establecidos y quiénes están ociosos, debido a que el área donde laboran se está remodelando. Estas personas pueden ayudar en distintas tareas complementarias de otros departamentos para evitar los tiempos de ocio y los efectos que estos puedan generar hacia los demás trabajadores que sí deben desempeñarse eficientemente en su puesto de trabajo.

3.5.3. Planificación

Para llevar a cabo la redistribución física de los departamentos claves (entiéndase corte y montaje) se propone trabajar fuera del horario de operaciones de la planta ya que se debe tomar en cuenta la utilización de elementos auxiliares, como pulidoras, soldaduras, entre otros. Estos elementos pueden ocasionar daños a la planta o a los operarios que se encuentren alrededor, ya que se utilizan elementos inflamables como los solventes. Además, se debe de considerar que el equipo por redistribuir es pesado y se deben de cumplir los estándares requeridos de seguridad industrial.

La movilización puede llevarse a cabo en un máximo de 2 semanas, cumpliendo las metas rigurosamente. En todo caso, se debe contemplar un fin de semana extra para afinar las máquinas y subsanar los inconvenientes que puedan surgir durante la transición propuesta.

3.5.4. Diseño preliminar

El diseño preliminar de los elementos a redistribuir se puede contemplar en las Figuras 26 y 27, así como en el diagrama de recorrido que contendría las nuevas especificaciones de los procedimientos a llevar a cabo para la fluidez del proceso en la eficiencia de la producción.

3.5.5. Estructuras para diseño de montaje

Para la redistribución de equipo se deben considerar estructuras de montaje en el cual se pueda trabajar de forma segura cualquier proceso en el que el equipo deba de ser movilizad de la ubicación que le será asignada en la redistribución.

La cimentación es un elemento que, de no tomarse en cuenta, puede ocasionar rajaduras en el suelo o vibraciones no previstas que puedan incomodar en el proceso. Por ello, la revisión de las cimentaciones debe llevarse a cabo mediante un análisis de suelos que permita dilucidar los datos óptimos para una redistribución de maquinaria eficiente.

Además de proveer condiciones aceptables de trabajo y del espacio requerido para futuros mantenimientos.

3.5.6. Requerimientos y restricciones

Las estructuras de las cimentaciones con las que se construyen los montajes, por lo general, están compuestas de materiales aptos para soportar todo tipo de cargas. Entre dichos materiales está la roca virgen en su estado natural, ya que debido a sus propiedades mecánicas proveen de una resistencia y de un soporte óptimo hacia las cargas a las que sea sometido este tipo de suelo.

Otros materiales ampliamente utilizados para fabricar cimentaciones, son la arena y la arcilla compactada, Esta combinación provoca una mezcla de características de ambos materiales que proveen de las propiedades necesarias para evitar la falla en la cimentación en la que se le haya utilizado.

Otro material que puede ser utilizado son los depósitos naturales de grava, aunque en este caso, es la cimentación la que se debe adecuar al suelo y no viceversa. Por lo que a no ser que por un estudio previo se haya determinado un espacio de suelo contenido en grava natural, no es recomendable aportar grava proveniente de otros procesos de extracción a la cimentación requerida, ya que las propiedades mecánicas y físicas, no serán las mismas.

3.5.7. Planificación

En este caso se puede llevar a cabo un análisis de suelo sin que se corra alto riesgo de accidente en horas laborales. Además, no se requiere que se pause o se detenga por completo la producción, cuando se lleve a cabo el estudio.

Es decir que, su realización puede llevarse a cabo en el momento que así lo programen el gerente de producción y el encargado del proyecto de la redistribución de la maquinaria.

3.5.8. Diseño preliminar

Se deben considerar las dimensiones del equipo para su montaje, deben considerarse los análisis estáticos y dinámicos, las cargas que soportará el diseño del montaje sin sufrir deformaciones. Debe contar con el adecuado espacio sin obstrucciones u obstrucción de otras estructuras adyacentes, si se cuenta con la administración de aire, electricidad, entre otras, estas deben estar aisladas para evitar daños al equipo y al operario.

3.6. Esquema de mantenimiento

Ya que no se cuenta con un sistema de mantenimiento, se produce una deficiencia en el sistema, debido a la alta cantidad de paros no programados, ocasionado por la ausencia de un mantenimiento preventivo.

De acuerdo con lo anterior, a continuación, se presenta un esquema de mantenimiento que deberá implementarse para obtener los resultados esperados en la reducción de paros no programados.

Figura 28. **Esquema de mantenimiento**



Fuente: elaboración propia.

Este esquema de mantenimiento propuesto indica que, para llevar a cabo un mantenimiento efectivo, se debe establecer una bitácora en la cual se tenga un historial sobre el comportamiento de la máquina en un tiempo determinado. Esto servirá para determinar si la falla se relacionó con algún elemento que haya estado fallando periódicamente, lo cual induciría a la aplicación del mantenimiento correctivo para eliminar la causa de ese fallo recurrente.

De igual forma, se puede revisar la bitácora para cerciorarse de que se le haya aplicado el mantenimiento preventivo a la máquina, de forma que pueda ser verificable la acción llevada a cabo según los requerimientos de la máquina.

Si algún operario le brindó un régimen de lubricación a una máquina, el encargado sabrá que no debe lubricarla nuevamente. Así se evitan desperdicios de lubricante y daños por exceso de lubricación. En el caso contrario, cuando el encargado verifique que no se ha lubricado una máquina, podrá emprender la acción correspondiente para evitar que se provoque un paro no programado,

ocasionado por un fallo en la máquina por ausencia de mantenimiento preventivo.

3.6.1. Políticas del mantenimiento

Para estas políticas es necesario implementar una bitácora de mantenimiento en la cual se deben recopilar datos que ayuden a conocer el estado general de la maquinaria. De esta manera, se verifica la confiabilidad de los equipos según su antigüedad y se podrá comparar el costo de cada mantenimiento correctivo o preventivo.

Es importante mencionar que existen diversas alternativas de empresas que proveen servicios de mantenimiento. De manera que, si no se tiene el personal capacitado para brindarle el mantenimiento que la maquinaria necesita, se puede recurrir a la tercerización, contratando los servicios de una empresa especialista de brindarle el mantenimiento requerido.

Una de las desventajas de utilizar este método, es que cuando ocurra una avería, se debe de esperar un tiempo prolongado para la asistencia de los técnicos de la empresa contratada, a no ser que esta empresa esté ubicada cerca de nuestras instalaciones. Por esta razón se deben comparar costos para determinar la conveniencia de contratar un servicio tercerizados o capacitar al personal para que reparen las averías que sufra el equipo.

3.6.2. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es una de las ramas más mencionadas en la ciencia del mantenimiento total. El fin de este tipo de mantenimiento es corregir la causa del problema que origine la falla del sistema.

Debido a la falta de cultura por el mantenimiento preventivo, el mantenimiento correctivo es ampliamente utilizado en las pequeñas y medianas empresas. El mantenimiento preventivo, representa, según su criterio, un gasto innecesario. Sin embargo, las fallas recurrentes en las máquinas les ocasionan mayores pérdidas que si les hubieran brindado las atenciones básicas de mantenimiento para su funcionamiento.

Con el mantenimiento correctivo se propone realizar un cambio inmediato de piezas de los equipos los cuales estén en condiciones deplorables en relación al costo que su reemplazo representaría.

3.6.3. Mantenimiento predictivo

Se pretende concientizar a los operarios encargados de manejar la maquinaria, de manera que entiendan la importancia del cuidado de sus herramientas y de la maquinaria con la que trabajan día a día, de forma que comprendan la importancia del cuidado y del mantenimiento predictivo.

A continuación, se deben implementar fichas de mantenimiento que den soporte a las bitácoras realizadas, para tener una consecución de procedimientos, de forma que se logre superar el empirismo recurrente en el trabajo.

3.6.4. Stock de repuestos

Con base en los registros de mantenimientos productivos y correctivos hacer uso de un *stock* de repuestos para no tener pérdidas significativas de tiempo en la producción por falta de repuestos de bajo costo en relación de la pérdida de producción.

3.6.5. Fiabilidad del sistema

Determinar un sistema que pueda dar información sobre las fallas más comunes de tal manera que se pueda considerar qué equipo está en malas condiciones para analizar un posible cambio para aumentar la competitividad del proceso.

La fiabilidad del sistema se define a partir de los conceptos principales: paros programados y paros no programados.

Los paros programados, comprenden aquellos en los cuales se tiene previsto que la máquina esté en parada, ya sea porque se le brindará un mantenimiento preventivo o porque se encuentra apagada porque no es requerida en un momento determinado.

Los paros no programados son los que no se tiene contemplado que la máquina esté detenida. Son causados por alguna avería que ocurra en el proceso de producción o por alguna emergencia en la planta que deba parar las máquinas o algún otro motivo que no se encuentre contemplado en el plan maestro del ingeniero encargado de la producción.

Entonces, para definir el control de fiabilidad del sistema se proponen las siguientes fichas de control de cantidad y tiempo de duración de paros (programados y no programados) que permitan describir de mejor manera los índices que se deban analizar para una interpretación certera de en qué niveles se encuentra la fiabilidad.

Tabla XVIII. **Impacto de paros programados y no programados**

| Clase de Paro | Grupo de Paros | Subgrupo de Paros | Parada | Total Minutos | Nº Total de Paros | Promedio de minutos | Total % Tiempo Ocup. | Máquina cortadora |
|---------------------------|-----------------------|-------------------|--------|---------------|-------------------|---------------------|----------------------|-------------------|
| Programado/ No programado | Total Breakdowns | | | - | - | - | - | - |
| Programado/ No programado | Total Minor Stops | | | - | - | - | - | - |
| Programado/ No programado | Total Process Failure | | | - | - | - | - | - |
| Total Paros No Planeados | | | | - | - | - | - | - |
| Gran Total | | | | - | - | - | - | - |

Fuente: elaboración propia.

3.7. Análisis financiero

A continuación, se describirá el análisis financiero que deberá a tomarse en cuenta para la consecución de los resultados esperados a través de la implementación de las mejoras propuestas.

3.7.1. Costo de redistribución

Se estimará un presupuesto de ejecución que contempla las herramientas, la mano de obra necesaria y los materiales requeridos para llevar a cabo las mejoras en los espacios de trabajo dentro de la planta.

Tabla XIX. **Costo de equipo y mejoras**

| Descripción | Unidades | Precio unitario (Q.) | Precio total (Q.) |
|--|-----------------|-----------------------------|--------------------------|
| Lámparas de doble tubo fluorescentes | 31 | 240,00 | 7 440,00 |
| Tubería 3/4" de 4 m | 3 | 80,24 | 240,72 |
| Válvula de paso 3/4" | 10 | 45,00 | 450,00 |
| Codo 3/4" | 14 | 4,5 | 63,00 |
| Materiales de construcción de ventanas | 2 | 2 000,00 | 4 000,00 |
| Mano de obra | 4 | 2 500,00 | 10 000,00 |
| Arrendamiento de equipo especial para movilización de maquinaria | 2 | 4 300,00 | 8 600,00 |
| Adquisición de repuestos en <i>stock</i> | 10 | 300,00 | 3 000,00 |
| Otros | - | - | 5 100,00 |
| Total | | | 33 793,72 |

Fuente: elaboración propia.

Estos comprenden las herramientas y los materiales necesarios para llevar a cabo eficientemente la redistribución de la maquinaria y la adecuación de los espacios de trabajo.

Habiendo estimado que se requiere de una inversión de Q33 793,72 para optimizar el flujo del proceso y aumentar la efectividad de fabricación de calzado, que según las proyecciones analizadas pasaría de producir 800 pares semanales a producir 920 pares, se realizan los análisis correspondientes de valor presente neto, tasa interna de retorno e índice de beneficio/costo; para analizar los valores de los indicadores que brindarán información para interpretar el nivel de rentabilidad que se obtendría.

3.7.2. Valor presente neto

El valor presente neto es una técnica financiera empleada para obtener un valor representativo del dinero proyectado hacia un futuro. Es decir, permite interpretar el valor actual que tendría una determinada inversión en el futuro. Esto se logra tomando en cuenta tasas de intereses para lograr la conversión del dinero a través del tiempo.

Este método es ampliamente utilizado en diversos proyectos que requieran de un análisis financiero básico. Naturalmente, los valores obtenidos en este estudio, se pueden utilizar para el cálculo de otros índices derivados del estudio del valor del dinero; tales como la TIR (Tasa interna de retorno), TMAR (Tasa mínima atractiva de retorno), entre otros.

En la siguiente tabla se describen los costos mensuales, en un período de un año. El precio de venta del calzado es de aproximadamente Q15, 00.

Tabla XX. Flujo de efectivo para un año calendario

| Número de mes | Ingresos | Inversión | Egresos | Flujo Neto |
|---------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| 0 | | Q 33 793,72 | | - Q 33 783,72 |
| 1 | Q 48 000,00 | 0 | Q 41 600,00 | Q6 400,00 |
| 2 | Q 55 200,00 | 0 | Q 43 000,00 | Q12 200,00 |
| 3 | Q 55 200,01 | 0 | Q 43 000,01 | Q12 200,00 |
| 4 | Q 55 200,02 | 0 | Q 43 000,02 | Q12 200,00 |
| 5 | Q 55 200,03 | 0 | Q 43 000,03 | Q12 200,00 |
| 6 | Q 55 200,04 | 0 | Q 43 000,04 | Q12 200,00 |
| 7 | Q 55 200,05 | 0 | Q 43 000,05 | Q12 200,00 |
| 8 | Q 55 200,06 | 0 | Q 43 000,06 | Q12 200,00 |
| 9 | Q 55 200,07 | 0 | Q 43 000,07 | Q12 200,00 |

Continuación de tabla XX.

| | | | | |
|----|-------------|---|-------------|------------|
| 10 | Q 55 200,08 | 0 | Q 43 000,08 | Q12 200,00 |
| 11 | Q 55 200,09 | 0 | Q 43 000,09 | Q12 200,00 |
| 12 | Q 55 200,10 | 0 | Q 43 000,10 | Q12 200,00 |

Fuente: elaboración propia.

Se denota que la inversión es ampliamente accesible, y se observa un aumento en la producción a partir del segundo mes, debido al aumento de calzado producido, así como el aumento representativo en costos. Aunque, indudablemente, la comparación no es desventajosa.

A continuación, se describirán los criterios que se tomarán en cuenta para el cálculo del valor presente neto y de todos los índices que así lo requieran. Es necesario mencionar que la inversión inicial se realizará con capital propio en su totalidad. Por lo que no se tomarán en cuenta la tasa de préstamo de banco al no tener ningún valor representativo.

Tabla XXI. **Tasas promedio tomadas en cuenta**

| | |
|---------------------------|-------------|
| Inversión | Q 33 793,72 |
| %Capital Propio | 100 % |
| %De préstamo | 0 % |
| Tasa pasiva (anual) | 4 % |
| Tasa de inflación (anual) | 4,3 % |
| Tasa de ganancia (anual) | 30 % |
| TMAR (Anual) | 38 % |
| TMAR (Mensual) | 3,19 % |

Fuente: elaboración propia.

Entonces, tomando en cuenta los valores de la Tabla XVIII y de la Tabla XIX, se calcula el valor presente neto de la totalidad del proyecto, lo que arroja como resultado un total de Q82 890,30.

Siendo este valor mayor a 1, se recomienda llevar a cabo la inversión.

3.7.3. Tasa interna de retorno

El índice de la tasa de retorno es un indicador utilizado en los análisis financieros para determinar en qué proporciones es rentable el negocio.

Esto se logra debido a que este valor porcentual, se encuentra en los valores en los que la diferencia entre nuestros ingresos y nuestros egresos es igual a cero.

Dicho valor se calcula mediante iteraciones entre valores porcentuales de interés estimados.

Utilizando los valores de la Tabla XVIII, se estima el dato de la TIR, el cual arroja un valor de 31 %. Esto indica que el negocio tiene un buen rendimiento de rentabilidad a través del período de tiempo analizado de la inversión.

3.7.4. Índice costo/beneficio

El índice beneficio/costo, no es más que un indicador que mide la proporción entre los beneficios totales en un valor presente y los costos totales. Un valor mayor a 1, indicaría excelentes resultados.

Para este caso, se tiene un valor presente total de beneficios de Q536 249,84 y un valor presente total de costos de Q453 359,53. Por lo tanto,

$$B/C = (Q536\ 249,84) / (Q453\ 359,53)$$

$$B/C = 1,182$$

Se recomienda llevar a cabo la inversión.

4. IMPLEMENTACIÓN DE PROPUESTA DE MEJORAS

4.1. Controles preliminares

Para llevar a cabo los controles preliminares, una vez se establezca el sistema de producción propuesto, se debe tomar en cuenta el trabajo en conjunto como uno de los conceptos fundamentales de la calidad total. De manera que el nuevo proceso estandarizado sea lo más asequible de implementar y que las variables pertenecientes a las operaciones, tengan un funcionamiento operativo eficiente.

4.1.1. Entidades responsables

Se deben tomar en cuenta a las entidades responsables de la aprobación y autorización en cada parte del proceso para que se realice manera eficiente, sin complicaciones y sin incurrir a daños o perjuicios en la planta.

Esta se encontrará plenamente identificada en el organigrama de la empresa, para que no exista confusión en los procesos ni duplicidad de funciones. Los operarios entenderán claramente a quién deben responder y qué responsabilidades inmediatas tienen con respecto a su lugar de trabajo.

De igual forma, el departamento de mantenimiento, será distribuido de manera que pueda llevarse a cabo un control organizado de funciones en el departamento preventivo y correctivo según sea el caso de la necesidad planteada.

La gerencia debe realizar una charla informativa sobre las etapas propuestas con las que contara el proceso de redistribución, presentar planos y cartas de autorización para llevar a cabo el proyecto y su financiamiento. En este caso, se debe contar con la autorización del gerente general.

El departamento de producción debe presentarse una proyección de cada etapa de la redistribución junto con la lista de los elementos auxiliares y equipo que se utilizará, para que el responsable de este departamento autorice los días y fechas que serán prudentes para realizar cada etapa, basado en los planos de la redistribución.

Para lograr el acometido planteado, es necesario que el departamento de ventas, establezca una proyección certera que dependa del nivel de producción realizado por los operarios y las categorías de ventas llevadas a cabo por los agentes encargados, ya que la programación de la producción es realizada con base en las ventas, para lo cual se debe contar con la autorización del gerente de producción y el encargado de cada área de trabajo para que estos, a su vez, despejen las áreas de trabajo que eviten daños o pérdidas por accidentes debido a los productos inflamables.

4.2. Aplicación metodología 5's para áreas de trabajo

En el aumento de la eficiencia en un proceso existen factores determinantes que describen tanto la forma en la cual se da la fiabilidad del sistema, como la eficiencia de sus movimientos.

El concepto de la metodología de 5's, pretende que el personal lleva a cabo su labor en un ambiente de trabajo agradable, limpio y ordenado. De manera que aspectos como la ubicación, limpieza y orden del área de trabajo,

tomen un papel relevante en el comportamiento de todos los clientes internos con los que cuente el proceso.

Figura 29. Diagrama 5's



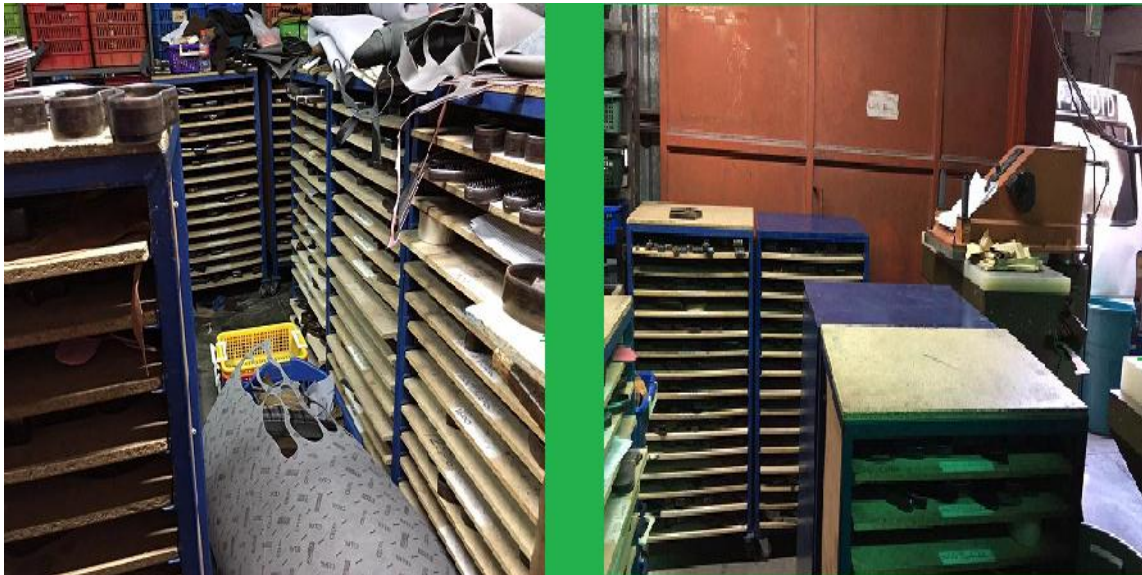
Fuente: *Aplicación de 5's*. <http://www.emb.cl/hsec/articulo.mvc?xid=31&edi=2>. Consulta: septiembre de 2016.

En la Figura 31 se observa un esquema que representa las 5 áreas en las que se enfoca la metodología. Es importante establecer un plan de capacitaciones para llevar un seguimiento sobre la funcionalidad del sistema en los operarios y personal administrativo, ya que en el proceso deben estar involucrados todo el personal en conjunto.

Se tomó un área piloto en la que se realizó un ordenamiento de herramientas y materiales, así como una redistribución del área de trabajo. El resultado fue una mayor comodidad para el operario en el desenvolvimiento de sus operaciones, además, redujo tiempo que el operario perdía buscando las herramientas.

En la Figura 32 se observa la diferencia entre el espacio de trabajo sin ordenar, y el espacio con la aplicación de 5's.

Figura 30. **Almacén de herramientas antes de aplicación 5's**



Fuente: INCAD, Zona 7, Ciudad de Guatemala.

4.2.1. Incorporación del personal para rediseño de áreas

Es importante incorporar la opinión del personal sobre lo que se debe mejorar en la implementación de una técnica como esta, ya que estas personas usan las herramientas y saben cuáles están en mala disposición. La finalidad es disminuir el tiempo del proceso que se lleva a cabo, además se cumple con uno de los principios de la calidad total que sugiere el involucramiento de todo el personal en una sola dirección.

4.2.2. Implantación de área piloto

El objetivo de implementar un área piloto es aprender y desarrollar la metodología, con ello, se concentran esfuerzos y se asegura el éxito. Además, de esta forma se cuenta con un claro ejemplo de mejora que estimula a la organización. Para llevar a cabo esta etapa del proceso es importante seleccionar un equipo de trabajo y un coordinador que esté a cargo de proporcionar los medios necesarios para las mejoras.

Con la implementación de la línea piloto, se recolectará la información requerida y se compararán los datos obtenidos con los estándares y los índices objetivos. Su éxito demarcará el paso a seguir para la réplica del modelo en las diversas líneas en las que se le pueda adecuar las condiciones.

Se comenzará implementando en el área de troquelado, ya que es el primer proceso que se realiza en la producción y es el área principal de la planta. De esta forma, el personal de las demás áreas podrá observar los cambios que se darán en el área para motivar el alcance del objetivo de la metodología y el involucramiento de los clientes internos en los demás procedimientos que preceden al proceso de troquelado. Se capacitará al

personal idóneo, además de seleccionar al que mejor habilidad ha demostrado dentro del departamento. Esto contribuirá a conocer el nuevo proceso y afinar las operaciones según vayan surgiendo los ajustes necesarios.

Figura 31. **Área piloto implementada**



Fuente: INCAD, Zona 7, Ciudad de Guatemala.

En la Figura 33, se observa el área debidamente ordenada, con las herramientas distribuidas en un espacio específico, según su utilidad en el proceso, de manera que exista una clasificación eficiente y permita la optimización y el mejoramiento del rendimiento del operario encargado de esta área.

4.3. Aplicación metodología *Systematic Layout Planning (SLP)* para redistribución

Así como la técnica de las 5's mejora el área de trabajo para aumentar la eficiencia del proceso, la técnica de *systematic layout planning* o *SLP* se enfoca en el aumento de la eficiencia del proceso según la necesidad de secuencia de cada una de sus áreas de esta forma minimizar perdidas de tiempos, fallos o errores por excesos de traslados o simplemente el uso de estos.

Para llevar a cabo esta técnica es necesario implementar las tres etapas que se describen en los siguientes apartados.

4.3.1. Análisis

Para esta etapa se debe recurrir a cinco puntos, los cuales determinarán el flujo de materiales entre departamentos.

Por lo tanto, se define la necesidad de transportar materiales entre departamentos, ya que el manejo excesivo de la materia prima puede ocasionar daños en el material y ocasionar una disminución de los estándares de calidad establecidos.

Se debe interpretar que, en todo proceso productivo, cada operación depende de una anterior. De esta manera se debe definir la necesidad del proceso que precede a cada nuevo proceso. De esta forma se ubican eficientemente, con más cercanía, los procesos más dependientes uno de otro. Además, elimina las operaciones que no contribuyan directamente a brindarle un valor al producto e identifica operaciones repetitivas que fomenten la duplicidad de funciones, y, por ende, se esté desperdiciando recursos.

Otro aspecto importante, es la elaboración de diagramas de recorrido que permitan determinar si la ruta entre operaciones del proceso no es demasiado complicada y en caso de que sea así, hacer reajustes. Dicho diagrama se dejó establecido en el capítulo 3 de este trabajo de investigación, específicamente en la Figura 22.

Para que las operaciones del proceso se lleven a cabo de manera adecuada es necesario saber si se cuenta con el espacio necesario, de lo contrario se deben realizar ajustes en las áreas de trabajo para optimizarlos.

Además, es necesario verificar el espacio físico disponible para la distribución total, ya que esto está relacionado no solo con un departamento, sino con el espacio físico total disponible en la planta.

4.3.2. Búsqueda

En esta etapa se lleva a cabo la búsqueda de las soluciones, con base en los resultados obtenidos en la etapa de análisis. Esta búsqueda se lleva a cabo para crear espacios adecuados donde se pueda desarrollar la distribución de cada uno de los procesos adecuadamente en el espacio total disponible de la planta.

4.3.3. Selección

En esta etapa, se define la distribución de los departamentos dentro de la planta. Esta selección puede realizarse basada en el concepto básico de la adyacencia de los departamentos. Este concepto se refiere a que se seleccionará la distribución en la cual los departamentos estén ubicados según la necesidad uno del otro.

Otro aspecto que se debe considerar, es la selección basada en el costo de manejo de materiales donde se analizan las acciones previamente propuestas y se seleccionan los sucesos más viables.

4.4. Diseño del montaje de nueva distribución

Se realizará a través de actividades que van desde la compra, adquisición, construcción, adecuación y mejoras tanto de instalaciones como de equipos.

En caso de necesitar un estudio más profundo de suelos, se debe recurrir a los servicios de un ingeniero civil o bien, un experto en geotecnia que analice el suelo donde se ubica la planta industrial y sus departamentos, así como del suelo de la bodega.

4.4.1. Maquinaria para diseño de montaje

Para el diseño del montaje se deben considerar los equipos necesarios para cada operación del proceso. De igual manera, en el departamento de corte se considera la maquinaria de corte hidráulicas de bandera, las cuales poseen, tanto cargas estáticas como cargas dinámicas. Esto requiere de una cimentación con dimensiones específicas y un material compuesto por una mezcla de arena y grava compactada.

4.4.2. Evaluación del diseño preliminar

Con relación a la selección del tipo de montaje del equipo se deben analizar los siguientes factores: espacio físico del equipo, áreas libres para mantenimientos, espacio para el operario y características especiales.

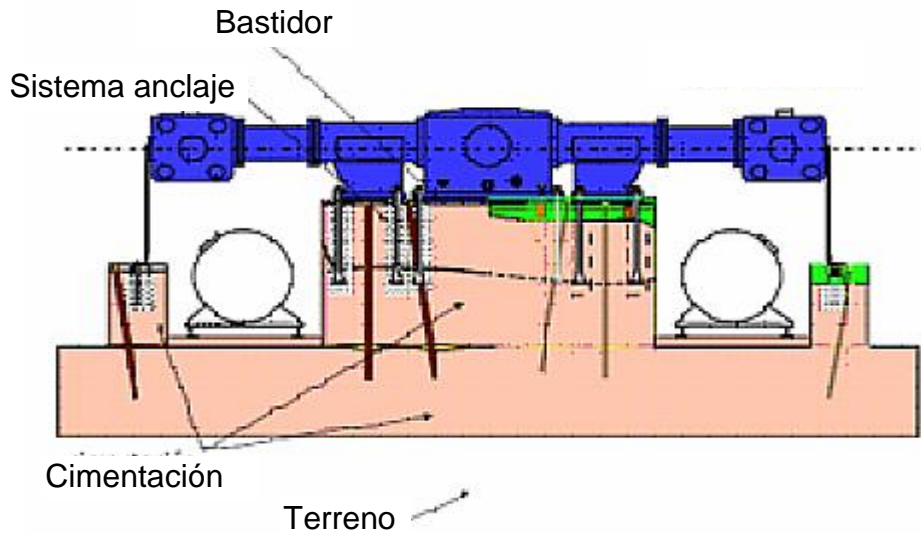
4.4.3. Diseño definitivo

Consideradas las características se define el montaje, según las especificaciones de cada espacio físico en la planta.

Se determinó que, en los espacios donde exista maquinaria que provoque vibraciones, se debe tener en cuenta que el eje de la máquina debe ser congruente, lo más posible, con la cimentación establecida, de manera que el asiento vertical y el asiento horizontal sean uniformes.

En este caso, debido a que la máquina tiene un movimiento oscilante, se debe considerar que el espesor debe ser mayor de $1/10$ de la dimensión mayor, además de contemplar que un porcentaje mayor al 85 % del espesor se encuentre adherido al terreno.

Figura 32. **Ejemplo de cimentación de máquina centrífuga**



Fuente: *Cimentación*.

http://www.areadecalculo.com/monograficos/maquivibra/Guia_Cimentaciones_para_maquinas_vibrantes.html. Consulta: 9 de octubre de 2016.

4.4.4. Análisis de ejecución

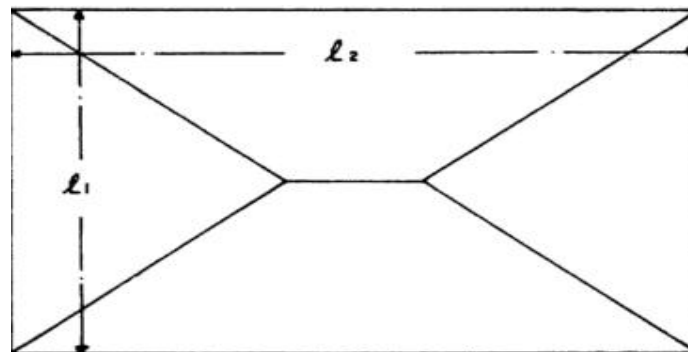
Para llevar a cabo la fase de implementación del plan de montaje es necesario crear un plan por departamento, de tal forma que se pueda mejorar un área de trabajo en conjunto con su equipo de una vez y no incurrir en paros innecesarios de la producción.

4.4.5. Estructuras para diseño de montaje

Es importante que las estructuras cuenten con el diseño establecido en función de la ejecución del plan de la maquinaria a tomar en cuenta.

Dicho estudio, comprende el diseño de una losa que contenga las características planteadas por el ingeniero civil, siguiendo las especificaciones que haya determinado el geólogo o el ingeniero civil.

Figura 33. **Losas perimetralmente apoyadas**



Fuente: CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*, p. 269.

A continuación, se presenta una tabla con los rangos de los valores que adoptaría la Figura 35, según sus especificaciones.

Figura 34. **Dimensiones de losa**

| l_2/l_1 | q_1 | q_2 |
|-----------|---------|---------|
| 1.00 | 0.500 W | 0.500 W |
| 1.05 | 0.549 W | 0.451 W |
| 1.10 | 0.595 W | 0.405 W |
| 1.15 | 0.636 W | 0.364 W |
| 1.20 | 0.675 W | 0.325 W |
| 1.25 | 0.709 W | 0.291 W |
| 1.30 | 0.740 W | 0.260 W |
| 1.35 | 0.768 W | 0.232 W |
| 1.40 | 0.793 W | 0.207 W |
| 1.45 | 0.816 W | 0.184 W |
| 1.50 | 0.835 W | 0.165 W |

Fuente: CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*, p. 269.

Como se puede observar, las dimensiones estarán en funciones de los valores de las cargas aplicadas a lo largo del área de la cimentación que se esté diseñando.

4.4.6. Evaluación del diseño preliminar

Para la selección efectiva del tipo de cimentación que se llevará a cabo, se deben de considerar los siguientes aspectos, descritos por el ingeniero Crespo Villalaz:

“Para la selección del tipo de cimentación más conveniente de acuerdo con las características mecánicas del suelo de desplante, y para que los asentamientos tanto totales como diferenciales queden dentro de los límites permitidos según el tipo de estructura, se pueden seguir estos lineamientos:

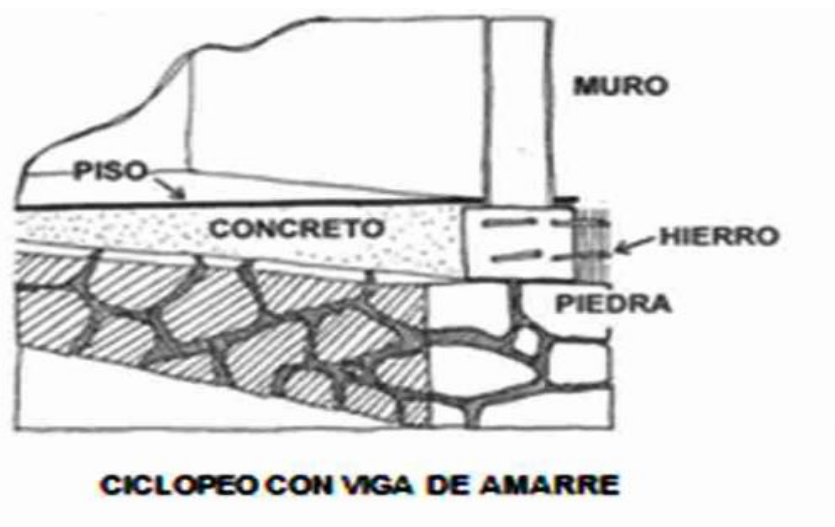
- Usar zapatas aisladas en suelos de baja compresibilidad (C_c menor a 0,20) y donde los asentamientos diferenciales entre columnas puedan ser controlados, empleando el método de asentamientos iguales; incluyendo juntas en la estructura.
- Cuando se encuentren suelos con compresibilidad media, se debe mantener los asentamientos dentro de los límites de manera que se deben emplazar las zapatas continuas rigidizadas con vigas de cimentación.
- Cuando las cargas sean bastante pesadas y el emplear zapatas continuas ocupen cerca del 50 % del espacio, es más económico usar una sola losa de cimentación.

- Cuando la cimentación por compensación no sea económicamente adecuada para soportar las cargas pueden combinarse la compensación parcial y pilotes de fricción.”¹

4.4.7. Diseño definitivo

Siguiendo las especificaciones descritas en el apartado anterior, se selecciona el diseño definitivo, cuya característica principal, corresponderá a un tipo de cimentación comprendida en los intervalos de compresibilidad media. De manera que los asentamientos deben emplazar las zapatas continuas, de forma que queden rigidizadas acompañadas con vigas especializadas en cimentaciones.

Figura 35. **Cimentación con viga de amarre y concreto**



Fuente: *Cimentaciones de compresibilidad.*

http://biblioteca.sena.edu.co/exlibris/aleph/u21_1/alephe/www_f_spa/icon/8830/img/preparacion_de_superficies/ciclopeo_viga_amarre.jpg. Consulta: 14 de octubre de 2016.

¹ CRESPO VILLALAZ, *Mecánica de suelos y cimentaciones*, p. 270.

De igual forma con el departamento de montaje, se establecerá una ruta de acción en caso de que la producción se vea afectada en el momento en que exista un exceso de producto proveniente de la línea predecesora.

4.5. Mantenimiento del equipo

El mantenimiento que se le brinde al equipo, contemplará de una manera estructurada la realización de bitácoras y control de tasa de fallos, los cuales describirán los niveles de producción estimados. Además, contribuirá a la verificación de los índices de control de producción al conocer detalladamente las capacidades de producir de cada máquina por independiente.

4.5.1. Bitácoras de mantenimientos

Se propone una ficha general que estandarice y acote la información útil y necesaria para determinar los objetivos que el departamento de mantenimiento se proponga llevar a cabo.

Tabla XXIII. Bitácora de mantenimiento general

| FUNCIÓN | Período de revisión | | | | |
|---|---------------------|---------|------------|-----------|-------|
| | Semanal | Mensual | Trimestral | Semestral | Anual |
| Revisión de cortadoras | | | | | |
| Revisión de boquillas | | | | | |
| Chequeo de cuchillas | | | | | |
| Limpieza de área de acabados | | | | | |
| Lubricación de cojinetes en área de montaje | | | | | |

Continuación de tabla XXIII.

| | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|
| Limpieza de pinzas en área de avíos | | | | | |
| Revisión de carretes en máquina cosedora | | | | | |
| Chequeo de cadenas en banda transportadora de calzado | | | | | |
| Revisión de discos de corcho para clutch | | | | | |
| Conteo de herramientas de trabajo por departamento | | | | | |

Fuente: elaboración propia

4.5.2. Control de tasa de fallos

El control de tasa de fallos se deberá evaluar con la cantidad de paros programados y no programados que ocurran conforme se lleve a cabo el desenvolvimiento de las tareas de cada operación, según el departamento requerido.

Se pretende que con la implementación de un plan de mantenimiento se reduzca significativamente el porcentaje de paros no programados en las líneas de producción de los distintos departamentos que involucran el proceso de fabricación de calzado.

5. SEGUIMIENTO Y MEJORA

5.1. Adaptación al cambio

En toda organización, las autoridades están acostumbradas a que los procesos funcionen de tal forma que, efectivamente son funcionales mas no eficientes y es en este tipo de cambios, donde se puede verificar con base en análisis, el aumento de las eficiencias. Sin embargo, esto no es inmediato y durante el proceso de mejoras, algunas personas se resisten al cambio por temor a fallas en las teorías que aún no se conocen suficientemente.

5.1.1. Capacitaciones de procesos

Se recomienda implementar un plan de capacitación para los empleados, de manera que se logre establecer el compromiso en los diferentes niveles de la organización y se incentive al operario para que administre de mejor manera su área de trabajo.

Debido a la resistencia al cambio, el personal operativo puede mostrar cierta disconformidad con las propuestas de implementación para el mejoramiento de la eficiencia de la línea de producción.

5.1.2. Capacitaciones de nuevos procesos

Este tipo de capacitación, se llevará a cabo de una manera más práctica que la capacitación administrativa. Pues este tipo considera la curva de aprendizaje a la que es sometido el operario, mientras aprende una nueva operación.

Este plan se debe desarrollar empezando desde los operarios más hábiles, hasta los operarios con menor rendimiento demostrado en las evaluaciones de desempeño. Esta es una estrategia para que los más habilidosos comprendan rápidamente, los nuevos procedimientos y colaboren con los capacitadores para enseñarlos a sus compañeros que tengan mayor dificultad para llevar a cabo dichos procedimientos.

5.2. Papelería para controles de mejoras

El objetivo de esta documentación es verificar si los métodos implementados están produciendo resultados positivos en cuanto a desperdicios de materiales debido a la mejora de su manejo.

5.2.1. Control de materia prima

Para llevar el control de la materia prima es necesario realizar un registro de producción donde sea posible verificar la cantidad de materiales que deberían de utilizarse en comparación con el material usado en esa orden de producción.

Tabla XXIV. **Ficha de control de materia prima**

| No. | Descripción | Fecha de entrada | Cantidad de materia prima entrante | Fecha de salida | Cantidad de materia prima saliente | Firma de encargado de bodega |
|-----|-------------|------------------|------------------------------------|-----------------|------------------------------------|------------------------------|
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

5.3. Ventajas y beneficios

Este proceso de redistribución pretende aumentar los beneficios obtenidos por la empresa en el proceso de fabricación de calzado a través del aumento de las condiciones del proceso tanto para sus operarios como el proceso en sí, de tal modo que sean más eficientes.

5.3.1. Condiciones laborales

Se tendrá una mayor estabilidad con el inventario del equipo, lo que contribuirá a un mejor control de material y herramientas de uso para los operarios, para brindar un espacio físico más ordenado y limpio, proveyendo de un lugar de trabajo óptimo y saludable para el desempeño de sus funciones.

5.3.2. Tiempo de producción

Se estima que, con la organización de los elementos y la implementación de los espacios de trabajo ergonómicos, se aumentará la producción en un 15 % pasando de 800 pares de calzados semanales a 920 pares. Una gran contribución y mejoramiento de la productividad dentro de la empresa INCAD.

5.3.3. Ahorros de materiales

Se logrará un ahorro significativo de materiales de fabricación al administrar de mejor manera el flujo del proceso. Al evitar el exceso de manejo de materiales, se pretende el aumento de calidad del producto terminado. El aprovechamiento de los recursos influirá directamente en el manejo de desperdicios, pues su reducción contribuirá a la reducción del impacto ambiental versus el impacto que actualmente tiene la empresa.

5.4. Mantenimiento de equipo

A continuación, se presentan unas fichas de control de mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo y de control de *stock* de repuestos, para incrementar el control y la organización de estos elementos.

5.4.1. Controles de mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se concentrará en las áreas que comprenden el mayor porcentaje de utilización de maquinaria en la planta. Por lo tanto, se proponen las siguientes fichas de mantenimiento para darle seguimiento a las máquinas que sean requeridas.

Tabla XXV. **Mantenimiento máquina de coser plana**

| Fecha: | EQUIPO | Nombre de operario | Código |
|--|-------------------------------|---------------------------|---------------|
| | Máquina de coser plana | | |
| Máquina de coser plana | | Observaciones | |
| Estado físico general | | | |
| Revisión de bara de aguja | | | |
| Revisión de variador de velocidad | | | |
| Cambio de bobina | | | |
| Chequeo de correa | | | |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Mantenimiento de máquina de coser de doble aguja**

| Fecha: | EQUIPO | Nombre de operario | Código |
|--|--|---------------------------|---------------|
| | Máquina de coser de doble aguja | | |
| Máquina de coser plana | | Observaciones | |
| Estado físico general | | | |
| Revisión de vara de aguja | | | |
| Revisión de aguja secundaria | | | |
| Revisión de variador de velocidad | | | |
| Cambio de bobina | | | |
| Chequeo de correa | | | |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Mantenimiento de troqueladora hidráulica**

| Fecha: | EQUIPO | Nombre de operario | Código |
|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------|
| | Troqueladora hidráulica | | |
| Estado físico general | | | |
| Revisión de perforadoras | | | |
| Revisión de rodillos | | | |
| Chequeo de carreteles | | | |
| Cambio de bobina | | | |

Fuente: elaboración propia.

5.4.2. Controles de mantenimiento correctivo

Para llevar a cabo el control del mantenimiento correctivo se empleará una ficha de descripción de procedimiento, de manera que se especifique las acciones realizadas, el tiempo de duración y los componentes reemplazados si es que hubiera.

Tabla XXVIII. Ficha de control correctivo

| No. | ACCIÓN REALIZADA | TIEMPO DE PARADA | NOMBRE DE MAQUINARIA | PIEZAS REEMPLAZADAS | ¿SE TOMÓ DE STOCK? SÍ/NO | FECHA | NOMBRE DE OPERARIO |
|-----|------------------|------------------|----------------------|---------------------|--------------------------|-------|--------------------|
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

5.4.3. Control de *stock* de repuestos

El control de *stock* de repuestos se empleará mediante un control con una ficha similar a la del control de materia prima, de forma que se detalle qué pieza se ha tomado, en qué cantidad, quién y para qué.

Esto evita desperdicios y piezas perdidas, además de brindar un indicador eficiente de inventarios para definir los niveles de reorden de las piezas contenidas en bodega.

6. ANÁLISIS DEL MEDIO AMBIENTE

6.1. Impacto ambiental

El impacto ambiental en la industria del calzado considera que es una industria que, por la naturaleza de la transformación de la gran variedad de materia prima, genera una gran cantidad de desperdicios los cuales se abandonan por la pérdida de valor económico que toma en el proceso.

6.1.1. Tipos de impacto ambiental de la empresa.

El tipo de residuos desechados por INCAD comprenden fundamentalmente el desecho de piel y sobras del material empleado para la fabricación del calzado.

Se realiza una separación de desechos para evitar que se mezcle con el pegamento y el material nocivo, debido a que el contacto con la piel sintética provoca graves daños en el material.

Se realiza un análisis para dilucidar la funcionabilidad de la reutilización del material desechado, para proponer una fuente de ingreso proveniente de los residuos y reducir el impacto ambiental que la empresa le genera al medio ambiente.

6.2. Clasificación de desechos

La mayoría de los desechos generados en la producción comprenden el forro de cerdo, el adhesivo, los clavos y las tachuelas. Dichos elementos se

clasifican de manera que no interactúen con la piel y el forro de cerdo para evitar que se dañen y de esa forma poderles dar una utilización posterior.

Se propone una clasificación por el método colores que representen los tipos de desecho que se generen, de manera que pueda ser más comprensible para los operarios y el personal administrativo.

Figura 36. Clasificación de residuos



Fuente: *Clasificación de desechos*. <http://es.slideshare.net/isacostam/desechos-solidos-40797600>. Consulta: 12 de diciembre de 2016.

6.2.1. Uso de los desechos

Una de las funciones que se le puede dar a la piel recolectada, incluye la fabricación de llaveros, cinchos, elementos miniaturas que pueden ser empleados para detalles en piezas de mayor envergadura.

Es posible proyectar a mediano plazo, la diversificación horizontal de la empresa en la fabricación de productos de piel que sean complementarios del producto principal y provean de una mayor diversificación de la empresa.

CONCLUSIONES

1. Se estableció una redistribución de departamentos de forma que se logró el aumento de la productividad, mediante la redistribución del equipo, de una manera que permitiera un mejor flujo en el proceso de fabricación.
2. Mediante un flujo por proceso matizado con detalles de flujo lineal, se aumentó la capacidad de producción en un 15 %, redistribuyendo el área de corte y de montaje, las cuales son los departamentos más importantes en el proceso de fabricación del calzado.
3. Se mejoraron los espacios de trabajo aplicando la ergonomía de procesos y la metodología de 5's de manera que las áreas de labores estuvieran debidamente identificadas y de esta forma, lograr la reducción del riesgo de lesiones en el manejo de herramientas, sobre todo en el área de corte y alistado.
4. Se realizaron planos de distribución de maquinaria en cada departamento de trabajo, con lo que se aumentó la eficiencia y reducir desperdicios de material en traslados de materia prima innecesarias.
5. Se diseñó un plan de montaje que permita a la maquinaria tener un mejor desempeño, y le ayude a alargar su vida útil. Con la nueva redistribución, se especificó un plan de acondicionamiento de áreas para aportar a la reducción de paros no programados, ocasionados por la cimentación inadecuada en las que se encontraban inicialmente.

6. Se estableció un plan de mantenimiento preventivo que aporte a la eficiencia del proceso, de forma que se establezca un control de *stock* más riguroso que reduzca los tiempos de parada y ocio del personal, provocado por los paros no programados.

7. Mediante las herramientas ingenieriles se diseñaron los diagramas necesarios para llevar a cabo la realización de los nuevos procedimientos en todos los departamentos que así fueran requerido. Brindando capacitaciones al personal operativo para reducir la resistencia al cambio que genera la consecución de nuevos procesos en el desarrollo del calzado

RECOMENDACIONES

1. Señalizar las rutas del nuevo proceso para delimitar las áreas de producción de manera eficiente. De esta manera, se mitiga la reducción de producción que afectarse por el período de aprendizaje del operario, mientras se adecúa a las nuevas rutinas y nuevos procesos.
2. Redactar un manual de normas y procedimientos que establezcan específicamente los pasos que se deben seguir cuando algún operario tenga dudas sobre el nuevo procedimiento planteado.
3. En el enfoque de ambiente laboral, implementar planes de seguridad industrial que permitan brindarles de un área de trabajo con mayor confort a los operarios. Esto, además de la aplicación de la metodología 5's y a la modificación del área de trabajo logrará un área más ergonómica que motive al operario para producir de una manera más uniforme durante el tiempo de su jornada laboral respectiva.
4. Implementar un sistema de supervisión y seguimiento de cumplimiento de las mejoras establecidas en cada área de trabajo. La finalidad es mantener la eficiencia y el orden establecido, comparando las posiciones de las herramientas y la maquinaria del plano contra las condiciones de trabajo durante el proceso.
5. El reemplazo inmediato de los accesorios del equipo más antiguo, de manera que se pueda empezar lo más inmediato las bitácoras de

mantenimiento planteadas en la implementación del departamento de mantenimiento preventivo y correctivo.

6. Mantener la cantidad de repuestos óptimos en *stock*, según los requerimientos establecidos en el análisis del mantenimiento predictivo y correctivo que se hayan establecidos en este trabajo de investigación.
7. Llevar a cabo revisiones periódicas semanales que permitan verificar la realización de los nuevos procesos propuestos, de manera que se le facilite lo más posible el cambio al personal operativo de la planta. Esto debe de llevarse a cabo, junto con las capacitaciones y platicas informativas que así sean requeridas.

BIBLIOGRAFÍA

1. CABRERA SEIS, Jadenón Vinicio. *Guía teórica y práctica del curso de cimentaciones I*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1994. 155 p.
2. CERÓN FIÓN, Claudia Patricia. *Distribución en planta para el aumento de eficiencia en una planta de producción de maquinaria agroindustrial*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. Facultad de Ingeniería. Guatemala, 2013, 176 p.
3. CRESPO VILLALAZ, Mecánica de suelos y cimentaciones. Monterrey, México 1980. 652 p.
4. ELÍAS DIAZ, Gustavo Adolfo. *Montaje de equipo para la línea de producción de caucho de importadora Los Alpes*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. Facultad de Ingeniería Guatemala, 2015, 150 p.
5. MUTHER, Richard. *Distribución en planta*. España 1981. 472 p.
6. NIEBEL, Benjamín W. *Ingeniería industrial, método, tiempos y movimientos*. Novena Edición. México: Editorial Alfaomega. 814 p.
7. ORTIZ ALVARADO, Gretel Frenee. *Diseño de una distribución de maquinaria en el área de guillotinas de corte inicial de una litografía*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. Facultad de Ingeniería. Guatemala, 2005, 116p.

8. W, Wiyaratn, *Improvement Plant Layout Using Systematic Layout Planning (SLP) for Increased Productivity*. Estados Unidos 2012. 1386p.