



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS DE
AUTOMATIZACIÓN**

Tema:

**PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE INSTALACIONES CON PERSPECTIVA
LEAN EN EL TALLER INDUSTRIAL SHAMBI E HIJOS**

Trabajo de Graduación Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización.

ÁREA: Industrial y Manufactura

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: materiales y producción

AUTOR: Juan Pablo Shambi Ortiz

TUTOR: Ing. Israel Ernesto Naranjo Chiriboga, Mg.

Ambato – Ecuador

septiembre – 2022

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del Trabajo de Titulación con el tema: PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE INSTALACIONES CON PERSPECTIVA LEAN EN EL TALLER INDUSTRIAL SHAMBI E HIJOS, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Juan Pablo Shambi Ortiz, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 15 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y el numeral 7.4 del respectivo instructivo.

Ambato, septiembre 2022.

Ing. Israel Ernesto Naranjo Chiriboga, Mg.

TUTOR

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE INSTALACIONES CON PERSPECTIVA LEAN EN EL TALLER INDUSTRIAL SHAMBI E HIJOS es absolutamente original, auténtico y personal. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, septiembre 2022.



Juan Pablo Shambi Ortiz

C.C. 1805304880

AUTOR

APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Titulación presentado por el señor Juan Pablo Shambi Ortiz, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE INSTALACIONES CON PERSPECTIVA LEAN EN EL TALLER INDUSTRIAL SHAMBI E HIJOS nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 17 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y al numeral 7.6 del respectivo instructivo. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora presidenta del Tribunal.

Ambato, septiembre 2022.

Ing. Pilar Urrutia, Mg.
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

Ing. Franklin Tigre, Mg.
PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Daysi Ortiz, Mg.
PROFESOR CALIFICADOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación en favor de la Universidad Técnica de Ambato, con fines de difusión pública. Además, autorizo su reproducción total o parcial dentro de las regulaciones de la institución.

Ambato, septiembre 2022.



Juan Pablo Shambi Ortiz

C.C. 1805304880

AUTOR

DEDICATORIA

A Dios padre, la gloria sea toda suya.

*A mi padre **Franklin Madison Shambi Moyolema**, quien con su esfuerzo, dedicación y apoyo me dio la oportunidad de forjar mis estudios y gracias a su ejemplo forjo en mí virtudes de una persona bondadosa y perseverante para la vida.*

*A mi madre **Janeth Lucia Ortiz Manzano** quien con su cariño y atención cuidó de mí, motivándome a seguir adelante día a día a pesar de las adversidades.*

*A mis **abuelos y tíos** que siempre se hicieron presentes con palabras de apoyo durante mi ciclo universitario.*

Juan Pablo Shambi Ortiz.

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme la sabiduría y luz que me guio para alcanzar mis metas y objetivos.

*A mis **padres y abuelos** que siempre estuvieron atentos a mis dificultades y me apoyaron con sus consejos.*

*A los **docentes de la FISEI** por su paciencia y enseñanzas académicas y de vida.*

*A los **amigos de carrera** por su lealtad apoyo y solidaridad a lo largo de nuestras vidas universitarias.*

*A mi tutor **Ing. Israel Naranjo** por su paciencia y guía durante la creación de este proyecto de investigación.*

Juan Pablo Shambi Ortiz

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

| | |
|--|------|
| APROBACIÓN DEL TUTOR..... | ii |
| AUTORÍA..... | iii |
| APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO..... | iv |
| DERECHOS DE AUTOR..... | v |
| DEDICATORIA | vi |
| AGRADECIMIENTO..... | vii |
| ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS..... | viii |
| ÍNDICE DE TABLAS | xi |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | xvi |
| RESUMEN EJECUTIVO | xix |
| ABSTRACT | xx |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPITULO I..... | 2 |
| MARCO TEÓRICO..... | 2 |
| 1.1. Tema de investigación..... | 2 |
| 1.2. Antecedentes investigativos | 2 |
| 1.2.1. Contextualización del problema..... | 3 |
| 1.2.2. Fundamentación teórica | 6 |
| 1.3. Objetivos..... | 20 |
| 1.3.1. Objetivo general..... | 20 |
| 1.3.2. Objetivos específicos | 20 |
| CAPITULO II | 21 |
| METODOLOGÍA | 21 |

| | |
|---|-----|
| 2.1. Materiales | 21 |
| 2.2. Métodos | 22 |
| 2.2.1. Modalidad de investigación | 22 |
| 2.2.2. Población o muestra | 23 |
| 2.2.3. Recolección de la información..... | 23 |
| 2.2.4. Procesamiento y análisis de datos | 24 |
| CAPITULO III..... | 25 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 25 |
| 3.1. Análisis y discusión de resultados..... | 25 |
| 3.1.1. Información y datos generales de la empresa. | 25 |
| 3.1.2 Análisis ABC de productos..... | 34 |
| 3.1.3 Descripción de los procesos de producción del taller | 42 |
| 3.1.4 Estudio de tiempos | 53 |
| 3.1.5 Determinación de distribución de planta..... | 59 |
| 3.1.6 Método de celda de manufactura | 60 |
| 3.1.7 Evaluación de celda de manufactura – algoritmo heurístico | 66 |
| 3.1.8 Requerimiento de espacio físico para la distribución | 71 |
| 3.1.9 Balanceo de la celda de manufactura | 76 |
| 3.1.10 Análisis Carga-Distancia..... | 80 |
| 3.1.11 Aplicación teórica de herramientas Lean..... | 84 |
| 3.1.12 Simulación de la propuesta | 111 |
| 3.1.13 Cálculo del retorno de la inversión propuesta..... | 119 |
| CAPÍTULO IV..... | 122 |

| | |
|--|-----|
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 122 |
| 4.1. Conclusiones..... | 122 |
| 4.2. Recomendaciones..... | 124 |
| 2.2. C. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 126 |
| 2.3. ANEXOS..... | 132 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Porcentajes de holguras para diferentes trabajos | 9 |
| Tabla 2. Tabla de criterio de General Electric | 11 |
| Tabla 3. Tipos de desperdicios en las empresas..... | 17 |
| Tabla 4. Materiales utilizados. | 21 |
| Tabla 5. Categoría de productos para estructuramiento metálicos. | 29 |
| Tabla 6. Categoría de productos en acero inoxidable. | 31 |
| Tabla 7. Categoría de productos de cerrajería..... | 32 |
| Tabla 8. Histórico de ventas del año 2018 del taller. | 34 |
| Tabla 9. Histórico de ventas del año 2019 del taller. | 35 |
| Tabla 10. Histórico de ventas del año 2020 del taller. | 36 |
| Tabla 11. Segmentación de productos para estructuramiento metálicos. | 37 |
| Tabla 12. Resumen de rédito económico en cada segmentación de estructuramiento metálico. | 37 |
| Tabla 13. Segmentación de productos para productos de acero inoxidable. | 38 |
| Tabla 14. Resumen de rédito económico en cada segmentación para productos de acero inoxidable..... | 38 |
| Tabla 15. Segmentación de productos de cerrajería..... | 39 |
| Tabla 16. Resumen de rédito económico en cada segmentación para productos de cerrajería..... | 40 |
| Tabla 17. Resumen de rédito económico en cada segmentación para productos de acero inoxidable..... | 41 |
| Tabla 18. Matriz de ponderación de producto y proceso. | 41 |
| Tabla 19. Cursograma analítico para estructura de gran escala. | 49 |

| | |
|---|----|
| Tabla 20. Cursograma analítico para divisiones sanitarias en acero inoxidable..... | 50 |
| Tabla 21. Cursograma analítico para puertas elegantes semi blindadas. | 51 |
| Tabla 22. Procesos de cada tipo de productos..... | 53 |
| Tabla 23. Número de observaciones. | 54 |
| Tabla 24. Actividades por proceso para divisiones de baño INOX. | 54 |
| Tabla 25. Estudio de tiempo proceso de marcado, divisiones de baño en acero inoxidable..... | 55 |
| Tabla 26. Suplementos proceso de marcado, divisiones de baño en acero inoxidable | 56 |
| Tabla 27. Tiempos estándar. | 57 |
| Tabla 28. Selección del tipo de distribución. | 60 |
| Tabla 29. Matriz máquina – producto, algoritmo OAC..... | 61 |
| Tabla 30. Matriz máquina – producto con equivalentes decimales, algoritmo OAC. | 62 |
| Tabla 31. Matriz máquina – producto con pesos decimal en desorden. | 64 |
| Tabla 32. Matriz máquina – producto, ordenamiento decimal algoritmo OAC. | 65 |
| Tabla 33. Agrupación celular 1..... | 66 |
| Tabla 36. Evaluación de eficiencia de agrupación 1..... | 67 |
| Tabla 35. Agrupación celular 2..... | 68 |
| Tabla 36. Evaluación de eficiencia de agrupación 2..... | 69 |
| Tabla 37. Agrupación de cada herramienta en cada celda..... | 70 |
| Tabla 38. Valores la constante k, datos tomada del libro Richard Muther. | 71 |
| Tabla 39. Determinación de superficie requerida para celda estructuras metálicas .. | 73 |
| Tabla 40. Determinación de superficie requerida para celda productos en acero inoxidable..... | 73 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 41. Determinación de superficie requerida para celda productos de cerrajería. | 74 |
| Tabla 42. Resumen del área requerida por celda y espacio disponible por el taller. . | 74 |
| Tabla 43. Distancias recorridas en la celda de trabajo. | 80 |
| Tabla 44. Distancias recorridas en la secuencia de la celda 1..... | 81 |
| Tabla 45. Distancias recorridas en la secuencia de la celda 2..... | 81 |
| Tabla 46. Distancias recorridas en la secuencia de la celda 2..... | 82 |
| Tabla 47. Distancias recorridas en la secuencia de la celda 2..... | 82 |
| Tabla 48. Matriz de selección de herramientas lean para el taller industrial “Shambi e Hijos” | 86 |
| Tabla 49. Tiempos valor agregado y no agregado de estructuras de gran escala. | 91 |
| Tabla 50. Tiempos valor agregado y no agregado de divisiones de baño en acero inoxidable..... | 93 |
| Tabla 51. Tiempos valor agregado y no agregado de puertas elegantes semi blindadas. | 93 |
| Tabla 52. Modelo de listado de tarjetas rojas..... | 101 |
| Tabla 53. Colores de seguridad y señalética. | 102 |
| Tabla 54. Modelo auditoría 5S..... | 106 |
| Tabla 55. Tarjeta Kanban producción..... | 108 |
| Tabla 56. Tarjeta Kanban transporte..... | 108 |
| Tabla 57. Tarjeta Kanban entregas..... | 109 |
| Tabla 58. Comparación de tiempos de simulación | 117 |
| Tabla 59. Comparación de distancias de simulación | 117 |
| Tabla 60. Costo de inversión..... | 119 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 61. Costos variables anuales. | 120 |
| Tabla 62. Ventas anuales..... | 120 |
| Tabla 63. Detalle de movimiento de caja anual. | 121 |
| Tabla 64. Escala ponderada para el ritmo de trabajo | 132 |
| Tabla 65. Actividades por proceso para puertas elegantes semi - blindadas. | 133 |
| Tabla 66. Actividades por proceso para estructuras de gran escala. | 134 |
| Tabla 67. Estudio de tiempos 2, proceso de corte..... | 135 |
| Tabla 68. Estudio de tiempos 3, proceso de doblado..... | 136 |
| Tabla 69. Estudio de tiempos 4, proceso de soldado. | 136 |
| Tabla 70. Estudio de tiempos 5, proceso de pulido..... | 136 |
| Tabla 71. Estudio de tiempos 6, proceso de lavado. | 137 |
| Tabla 72. Estudio de tiempos 7, proceso de pulido..... | 137 |
| Tabla 73. Estudio de tiempos 2, proceso de perforado. | 137 |
| Tabla 74. Estudio de tiempos 8, proceso de marcaje. | 138 |
| Tabla 75. Estudio de tiempos 10, proceso de corte..... | 138 |
| Tabla 76. Estudio de tiempos 11, proceso de soldado. | 138 |
| Tabla 77. Estudio de tiempos 12, proceso de pulido..... | 139 |
| Tabla 78. Estudio de tiempos 13, proceso de grateo..... | 139 |
| Tabla 79. Estudio de tiempos 14, proceso de marcaje. | 139 |
| Tabla 80. Estudio de tiempos 15, proceso de corte..... | 140 |
| Tabla 81. Estudio de tiempos 2, proceso de doblado..... | 140 |
| Tabla 82. Estudio de tiempos 17, proceso de perforado. | 140 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 83. Estudio de tiempos 18, proceso de pintado..... | 141 |
| Tabla 84. Estudio de tiempos 19, proceso de marcaje. | 141 |
| Tabla 85. Estudio de tiempos 20, proceso de perforado. | 141 |
| Tabla 86. Estudio de tiempos 21, proceso de corte..... | 142 |
| Tabla 87. Estudio de tiempos 22, proceso de soldado. | 142 |
| Tabla 88. Estudio de tiempos 23, proceso de pintado..... | 142 |
| Tabla 89. Estudio de tiempos 24, proceso de soldado. | 143 |
| Tabla 90. Estudio de tiempos 25, proceso de grateo..... | 143 |
| Tabla 91. Estudio de tiempos 26, proceso de marcaje. | 143 |
| Tabla 92. Estudio de tiempos 27, proceso de corte..... | 144 |
| Tabla 93. Estudio de tiempos 28, proceso de soldado. | 144 |
| Tabla 94. Estudio de tiempos 29, proceso de grateo..... | 144 |
| Tabla 95. Estudio de tiempos 30, proceso de pintado..... | 145 |
| Tabla 96. Inventario de herramientas del taller industrial..... | 146 |
| Tabla 97. Determinación de pesos decimal en filas y columnas..... | 148 |
| Tabla 98. Secuencia de procesos para propuesta. | 152 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Relación de productividad en una empresa | 7 |
| Figura 2. Ubicación del taller desde Google Map..... | 26 |
| Figura 3. Distribución organizacional del taller..... | 27 |
| Figura 4. Mapa de procesos del taller industrial | 28 |
| Figura 5. Estado actual del taller..... | 28 |
| Figura 6: Estructura de pequeña escala, sector Picaihua..... | 29 |
| Figura 7: Estructura de mediana escala, Casa Parroquial Quero. | 30 |
| Figura 8: Estructura de Gran escala, Escuela del milenio Quitumbe - Quito. | 30 |
| Figura 9: Pasamano INOX, Centro Cultural Eugenia Mera | 31 |
| Figura 10: Divisiones INOX, Piscinas La Merced..... | 31 |
| Figura 11: Mesones INOX, Centro Cultural Patrimonial. | 32 |
| Figura 12: Puerta metálica, domicilio particular..... | 32 |
| Figura 13: Sillas metálicas de división en Y, Parque Maruja Cobo García..... | 33 |
| Figura 14: Escaleras metálicas, domicilio particular. | 33 |
| Figura 15: Tapa metálica..... | 33 |
| Figura 16: Puerta elegante semi blindada. | 34 |
| Figura 17: Diagrama ABC para estructuramiento metálicos. | 38 |
| Figura 18: Diagrama ABC para productos de acero inoxidable. | 39 |
| Figura 19: Diagrama ABC para productos de cerrajería..... | 40 |
| Figura 20: Proceso de marcaje..... | 42 |
| Figura 21: Proceso de corte..... | 43 |
| Figura 22: Proceso de soldadura. | 44 |
| Figura 23: Proceso de doblado..... | 44 |

| | |
|--|-----|
| Figura 24: Proceso de pulido..... | 45 |
| Figura 25: Proceso de perforado. | 45 |
| Figura 26: Proceso de grateado. | 46 |
| Figura 27: Proceso de lavado. | 46 |
| Figura 28: Proceso de pintado..... | 47 |
| Figura 29. Diagrama de Ishikawa del taller industrial. | 52 |
| Figura 30: distribución del área de cada celda en la superficie del taller. | 59 |
| Figura 31: distribución del área de cada celda en la superficie del taller. | 75 |
| Figura 32: Layout propuesta 1 para celda 1. | 77 |
| Figura 33: Layout propuesta 2 para celda 1. | 77 |
| Figura 34: Layout propuesta 1 para celda 2. | 78 |
| Figura 35: Layout propuesta 2 para celda 2. | 78 |
| Figura 36: Layout propuesta 1 para celda 3. | 79 |
| Figura 37: Layout propuesta 2 para celda 3. | 79 |
| Figura 38. VSM actual proceso elaboración de estructuras de gran escala – celda 1.92 | |
| Figura 39. VSM actual proceso elaboración de divisiones de baño en acero inoxidable – celda 2. | 94 |
| Figura 40. VSM actual proceso elaboración de puertas elegantes semi blindadas – celda 3. | 95 |
| Figura 41. Gráficas de porcentajes de ratios de operaciones de productos estrella. .. | 98 |
| Figura 42. Diagrama de flujo objetos innecesarios..... | 99 |
| Figura 43. Tarjeta roja..... | 99 |
| Figura 44. Layout de celda 1 estructuras de gran escala con señalética. | 103 |
| Figura 45. Layout de celda 2 divisiones sanitarias en acero inoxidable. | 104 |
| Figura 46. Layout de celda 3 puertas elegantes semi blindadas. | 105 |

| | |
|--|-----|
| Figura 47. Layout 2D de la propuesta en Flexsim | 111 |
| Figura 48. Layout 2D de la situación actual en Flexsim..... | 112 |
| Figura 49. Layout 3D de la propuesta en Flexsim | 112 |
| Figura 50. Layout 3D de la situación actual en Flexsim..... | 113 |
| Figura 51. Asignación del recorrido del personal en Flexsim | 113 |
| Figura 52. Asignación del tiempo de procesamiento en Flexsim. | 114 |
| Figura 53. Unión de elementos y procesos en Flexsim..... | 114 |
| Figura 54. Resultados de la distribución propuesta. | 115 |
| Figura 55. Resultados de la distribución actual. | 115 |
| Figura 56. Resultados para análisis de la propuesta..... | 116 |
| Figura 57. Resultados para análisis de la situación actual. | 116 |
| Figura 58. Comparación gráfica de distancias recorridas..... | 118 |
| Figura 59. Resultados para análisis de la situación actual. | 118 |
| Figura 60. Ruc del taller industrial Shambi e Hijos. | 151 |

RESUMEN EJECUTIVO

La distribución de planta es la forma de ubicar adecuadamente las máquinas, herramientas y trabajadores para aprovechar al máximo los recursos disponibles por las industrias.

El objetivo fundamental de este proyecto de investigación es proponer una adecuada distribución de instalaciones para un taller industrial dedicado al trabajo metalmecánico en distintas áreas como cerrajería, estructuramiento y acero inoxidable, que se adapte a la producción de los productos que el taller ofrece, reduciendo los tiempos y traslados innecesarios. Para el cumplimiento de estos objetivos se recopila datos mediante técnicas de levantamiento de información para conocer el estado actual de la empresa, sus procesos, productos, etc., se prosigue con la obtención de sus productos estrella y así se determina el tiempo estándar de cada uno de ellos. Se selecciona el tipo de distribución adecuada con matrices de selección y mediante los algoritmos de ordenamiento y evaluación se escoge la distribución adecuada para el taller, seguidamente se establece la superficie requerida para la distribución con ayuda del método de Guerchet y se propone dos alternativas, las cuales se evalúan mediante el método carga distancia. Mediante una matriz de selección se incorporan a la propuesta las herramientas de la metodología lean, y con ayuda de la simulación en Flexsim se compara los resultados obtenidos entre la situación actual de la empresa y la propuesta planteada. Se estima que la reducción de tiempos se presenta en un 4.35% y de los recorridos en los procesos en un 69.87%, por lo tanto, para alcanzar dichas mejoras se requiere una inversión de \$22.080,00 con un tiempo de recuperación de 1 año y 36 días.

Palabras clave: Distribución de instalación, manufactura celular, Lean Manufacturing, estandarización, simulación.

ABSTRACT

The plant layout is the way to properly locate machines, tools and workers to make the best use of the resources available to the industries.

The main objective of this research project is to propose an adequate distribution of facilities for an industrial workshop dedicated to metalworking in different areas such as locksmithing, structuring and stainless steel, which is adapted to the production of the products offered by the workshop, reducing time and unnecessary transfers. In order to achieve these objectives, data is collected by means of information gathering techniques to know the current status of the company, its processes, products, etc., and then we proceed to obtain its star products and determine the standard time for each one of them. The appropriate type of distribution is selected with selection matrices and by means of the ordering and evaluation algorithms the appropriate distribution for the workshop is chosen, then the surface required for the distribution is established with the help of Guerchet's method and two alternatives are proposed, which are evaluated by means of the distance load method. By means of a selection matrix, the lean methodology tools are incorporated to the proposal, and with the help of the FlexSim simulation, the results obtained are compared between the current situation of the company and the proposed proposal. It is estimated that the time reduction is presented in 4.35% and the process routes in 69.87%, therefore, for this investment an investment of \$22,080.00 is required with a recovery time of 1 year and 36 days.

Keywords: Facility layout, cellular manufacturing, Lean Manufacturing, standardization, simulation.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación parte de una idea para mejorar la productividad en la empresa Taller Industrial Shambi e Hijos, mediante una propuesta de distribución de instalaciones con perspectiva lean que ayude a optimizar sus procesos y generar una planta muy flexible acorde a los productos y servicios brindados, mantenido los recursos tecnológicos y humanos. La principal problemática se centra en el caos generado por el desorden al momento de realizar las actividades y al no utilizar todo el espacio disponible se presenta obstrucciones al momento de producir productos de diferente categoría.

En el capítulo I se presenta los antecedentes de la investigación enfocados en el campo metalmecánico y los conceptos requeridos para el desarrollo del trabajo de investigación.

En el capítulo II se presenta los recursos necesarios para el trabajo y la modalidad de la investigación como son los materiales requeridos, la modalidad de la investigación y procesamiento de la información.

En capítulo III se presenta los resultados obtenidos en el trabajo de investigación, como son los tiempos estándar de los productos estrella, la distribución flexible apropiada para el taller industrial y metodologías lean aplicables a la distribución. Se fundamenta la propuesta con la simulación de esta y la situación actual, comparando sus resultados y evidenciando la mejora, finalmente se establece el costo de la inversión y retorno de la misma.

Por último, en el capítulo IV se presentan las conclusiones y recomendación del trabajo de investigación.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Tema de investigación

“PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE INSTALACIONES CON PERSPECTIVA LEAN EN EL TALLER INDUSTRIAL SHAMBI E HIJOS.”

1.2. Antecedentes investigativos

Después de un avance en la revolución industrial, las empresas se empeñaron en mejorar el arreglo de sus instalaciones mediante estudios de métodos. Algunos empezaron con la de sistemas mecanizados para el desarrollo de su producción o simplemente encontrar la factibilidad en el orden y limpieza de las instalaciones, incrementando así su productividad [1].

Según el proyecto de investigación diseño para la distribución de nuevas instalaciones de la empresa INSTRUEQUIPOS CIA. LTDA. Ubicada en el sector del parque industrial de la ciudad de Ambato, desarrollada por el ingeniero John Paul Reyes Vázquez, el cual empleó un software dinámico para implementar una automatización del layout en las nuevas instalaciones, la cual ocasiona una comodidad a sus trabajadores permitiendo incrementar su productividad y mejorar el flujo en las líneas de producción de la empresa [2].

El proyecto de investigación elaborado por el Ingeniero Juan Carlos Pantoja, distribución de planta en la empresa INCALSID para la optimización de la producción de calzado, el cual afirma que la correcta distribución ayuda a evitar problemas de retención de materiales en el puesto de trabajo, esto se logra con la nivelación del recorrido de flujo de los materiales según la capacidad de los procesos, además con una correcta optimización del espacio de trabajo se brinda la facilidad al trabajador y comodidad de las herramientas utilizadas en las actividades laborales, generando mayores ganancias para la empresa [3].

Mediante el proyecto e investigación Rediseño de planta de la empresa Osaka motorcycleparts Ltda. Realizado por Natalia Maya, analiza que las distancias recorridas por los materiales deben ser mínimas, esto produce un incremento de la producción y genera un trabajo más fluente en las instalaciones de producción de la empresa [4].

Según el proyecto de investigación del ingeniero Esteban López denominado Distribución de planta para la optimización del manejo de materiales en la empresa de calzado Dav-sport de la ciudad de Ambato, en donde determina mediante el software WINQSB que las ubicaciones fijas deben estar aisladas de los recorridos del personal por seguridad, gracias a la nueva distribución se ayudó al incremento de la utilidad gracias al aumento de la productividad [5].

La distribución de instalaciones depende de los procesos y las diferentes herramientas que se utilicen para el análisis y la aplicación de los métodos, una de las empresas que utilizó diversos estudios para el mejoramiento de los procesos utilizando un rediseño fue Confecciones es Colfactory S.A. de Colombia, la empresa rediseñó sus instalaciones y áreas de trabajo disminuyendo así los reprocesos y el número de actividades de 21 a 9 que son las únicas que agregan valor, esto generó una cultura de trabajo en equipo y potencializó sus procesos para ser más efectivos y eficientes [6].

1.2.1. Contextualización del problema

Las industrias metalmecánicas en Latinoamérica han tenido un crecimiento notorio en el transcurso de las últimas décadas, sin embargo, el ingreso del mercado Chino a América Latina ha provocado que las industrias metalmecánicas presenten un decremento en sus campos laborales, esto se debe a la alta competitividad del mercado actual. ALACERO, la Asociación Latinoamericana de Acero en su estudio sobre la Cadena Metalmecánica en América latina, demuestra que el desarrollo de las industrias ha venido desde el año 2011, sin embargo en el congreso realizado en Buenos Aires Argentina en el año 2015, se expone que en Latinoamérica se está sufriendo una desindustrialización grave, esto puede notarse claramente en Brasil, donde los sistemas de manufactura en el sector metalmecánico caen del 20% al 11% debido a la ausencia

de implementación de metodologías novedosas que aumenten la eficiencia de la productividad [7].

En el Ecuador la industria metalmecánica ha tenido un crecimiento del 14%, sin embargo, esto se debe únicamente a la exportación de chatarra hacia los países como Colombia y Venezuela, demostrando que esta industria no tiene una explotación adecuada para generar un desarrollo en el país debido a la falencia técnica que existe en las actividades laborales dentro de las empresas [8]. En el Ecuador las industrias metalmecánicas se dedican básicamente a la fundición de acero, transformación de materia prima en productos comerciales y labores de soldadura en distintas ramas, generando así varios campos de trabajo, lo que ocasiona que existan un sin número de actividades laborales y esto dificulta la estandarización de la producción bajo pedido al no poseer instalaciones flexibles para realizar cualquier producto requerido por el cliente. En los últimos 5 años esta industria ha tenido un declive dentro del país por motivo del auge económico que ha sufrido Ecuador a lo largo de este tiempo, esto se refleja en el crecimiento anual de las empresas, el cual es del 7% dentro del periodo 2011 al 2013, sin embargo, a partir del periodo 2014 al 2015 el crecimiento tan solo tiene un valor del 4% anual, proyectando una incertidumbre dentro de los empresarios involucrados en el campo metalmecánico [9].

A partir de la decadencia económica que Ecuador experimenta, las empresas metalmecánicas han tenido muchos inconvenientes para su progreso, el gobierno ha creado ciertos programas para el desarrollo y crecimiento de esta rama comercial mediante decretos y normas que incentivan la inversión en el sector, sin embargo, estos incentivos no han logrado generar los resultados esperados para su crecimiento debido a las falencias manufactureras que poseen las distintas empresas metalmecánicas tales como retrasos en la producción, no estandarización de la producción o instalaciones no flexibles a requerimientos del cliente, esto conlleva a que las empresas busquen desarrollarse por su propia cuenta, solicitando ayuda profesional que brinde los resultados necesarios para el crecimiento del sector innovando en los métodos aplicables para generar efectos favorables en su producción, calidad e instalaciones [10].

Dentro de la zona centro de las regiones, la provincia de Tungurahua posee el 94.5% de empresas familiares en su territorio, las cuales se encuentran clasificadas en diversos campos, que van desde el trabajo agrícola en los campos, hasta las grandes industrias exportadoras de productos [11]. Actualmente las empresas que forman parte de la actividad económica del territorio tungurahuese cubren el sector de metalmecánica, textilera, curtidurías y calzado, de esta forma Tungurahua encabeza el sector productivo en la zona 3 del país con el 15.2%, sobrepasando a Chimborazo con 5.9% y Cotopaxi 8.4%. Encabezar el sector productivo es resultado de la colaboración entre diversas microempresas que buscan el sustento para la generación de productos con alto grado de calidad, evidenciando esto, el Gobierno Provincial de Tungurahua busca la manera de impulsar tres ramas fundamentales para el desarrollo industrial de la provincia, los cuales son el metalmecánico, de calzado y textil [12].

Tungurahua posee el 10% de microempresas familiares en el Ecuador las cuales se encuentran expuestas a grandes problemas administrativos y de producción, esto se evidencia en las industrias metalmecánicas del cantón Ambato, puesto que poseen propietarios denominados “maestros”, los cuales no cuentan en mucho de los casos con títulos universitarios e incluso títulos de secundaria y realizan sus actividades laborales de una forma muy artesanal y ordenan sus instalaciones en base de su experiencia adquirida en trabajos pasados sin ningún argumento o metodología técnica, es por esto que en la actualidad el campo de la metalmecánica ha tenido un estancamiento en el desarrollo tecnológico y empresarial, esto se debe a que muy pocas empresas se preocupan en la tecnificación y estandarización de sus procesos e instalaciones, además de no poseer asesoramiento calificado para el crecimiento de sus microemprendimientos [13].

Dentro del Taller Industrial Shambi e Hijos, a partir de una entrevista realizada al gerente propietario, este menciona que el problema más frecuente es el desorden creado por el trabajo, ocasionando en el taller un caos a la hora de realizar actividades diarias, causando demoras, obstrucción de rutas para traslados y manejo de material, además de un ambiente peligroso por el desorden generado por las herramientas, máquinas, extensiones eléctricas y mesas de trabajo mal ubicadas, estos problemas han desembocado en un bajo desarrollo empresarial además de un incumplimiento de sus

obligaciones financieras con entidades bancarias y demoras respecto a los plazos de entrega de pedidos. Mediante experiencias pasadas, el gerente propietario del taller deduce que la ausencia de organización en sus instalaciones son el factor principal para la demora en su producción, pues al ofertar gran variedad de productos, la falta de flexibilidad de su planta limita el cumplimiento a tiempo de los pedidos de clientes.

1.2.2. Fundamentación teórica

Estudio del trabajo

El estudio del trabajo consiste en analizar detenidamente las operaciones que se ejecutan en la planta para tomar decisiones que minimicen las actividades innecesarias o excesivas, las cuales no agregan valor al producto, mediante simplificaciones, cambios o modificaciones con respecto al método que se utiliza en la producción, todo esto se lleva a cabo mediante técnicas como el estudio de métodos y medición del trabajo, los cuales examinan el trabajo humano a profundidad tomando en cuenta factores que influyan con la eficacia y lo económico [14].

Productividad

La productividad analiza ciertos indicadores que evidencian el cumplimiento o no de las metas impuestas por la empresa, como generación de cantidades de productos y optimización de recursos para su generación, todo esto puede ser medido gracias a un factor, producto de una diferencia establecida por la cantidad de productos obtenidos y los recursos utilizados para su obtención [15].

La productividad es la encargada de medir la generación de productos en cada hora de trabajo, sin embargo esto no garantiza que la empresa genere réditos económicos, debido a la acumulación de productos en inventarios, por lo tanto para un incremento de la productividad se requiere del factor ventas, las cuales ayudan a alcanzar las metas u objetivos propuestas por la empresa, entonces la productividad es la relación que existe entre las salidas que genera la producción y las entradas que las ventas proporcionan, en la figura 1 se representa conceptualmente su agrupación y distribución de la relación [16].

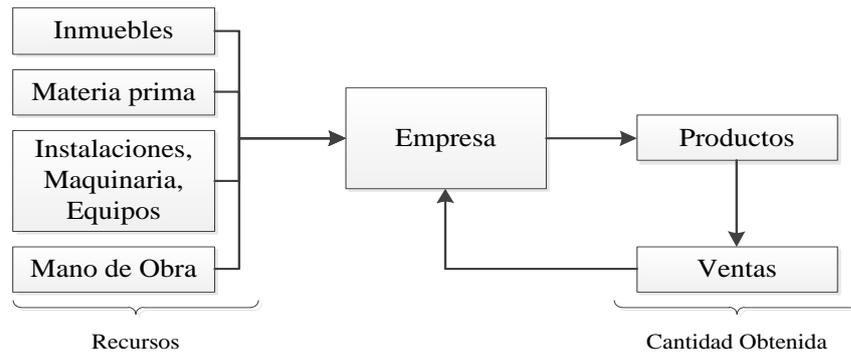


Figura 1: Relación de productividad en una empresa [15].

Medición del trabajo

La medición del trabajo tiene por objetivo establecer tiempos que sean útiles para el desarrollo de estándares u optimizaciones dentro de la planta mediante ejecuciones de métodos o herramientas que busquen su mejoramiento, todo esto es necesario por cuatro motivos [17].

1. Asignación de capacidad y programación del trabajo. - Para toda programación se requiere de estándares de tiempo los cuales indican que tanto tarde un trabajador en la ejecución de un trabajo programado.
2. Motivar y evaluar el desempeño de mano de obra. - Todo trabajador genera mejor rendimiento con incentivos enfocados en la cantidad de productos generados.
3. Buscar cotizaciones de nuevos contratos y estudiar los actuales. -La habilidad de la mano de obra para ejecutar nuevos trabajos requiere de un control adecuado, esto genera nuevos estándares.
4. Establecer puntos base para el mejoramiento. - Comparar los estándares de la empresa con otras similares establecen puntos de referencia para una mejora interna [18].

Estudio del tiempo

El estudio del tiempo es muy utilizado para eliminar o minimizar los tiempos improductivos dentro de los procesos, el cual es aquel donde no se realiza trabajo productivo alguno, una de las formas más utilizadas para hacerlo es el estudio clásico por cronómetro, propuesto por Frederick W. Taylor en 1881, esto consiste en medir una muestra del desempeño a un trabajador para establecer estándares, este debe ser una persona experimentada y capacitada en el trabajo y debe seguir ocho pasos [19]:

1. Definir una tarea a analizar.
2. Dividir las tareas en actividades específicas, las cuales no toman más unos cuantos segundos.
3. Acordar el número de veces que se va a medir la tarea.
4. Tomar la medida de tiempo y registrarla.
5. Establecer el tiempo promedio de cada actividad mediante la fórmula:

$$\text{Tiempo observado promedio} = \frac{(\text{Suma de tiempos registrados de cada actividad})}{\text{Número de observaciones}} \quad (1)$$

6. Determinar el tiempo normal (TN) de cada actividad de la tarea.

$$TN = \text{Tiempo observado promedio} * \text{Índice de desempeño} \quad (2)$$

7. Sumar los tiempos normales de cada actividad para determinar el tiempo normal de la tarea objeto de estudio.
8. Cálculo del tiempo estándar, añadir al tiempo normal las holguras por necesidades personales del trabajo o trabajador [20].

Holguras para cada clase de trabajo

Cada trabajo se ejecuta dentro de instalaciones, situaciones y climas diferentes, esto provoca que el desempeño del trabajador no sea el mismo dependiendo de las

condiciones a las que es expuesto y las necesidades personales que requiere el individuo, para ello existe ciertos porcentajes que determinan las pérdidas de tiempo dependiendo las condiciones del trabajo descritas en la tabla 1, estos porcentajes se suman para determinar el porcentaje total de holgura que el trabajo presenta [21].

Tabla 1. Porcentajes de holguras para diferentes trabajos [21].

| 1. Holgura Constante | | | |
|------------------------------|---|-------------------------------------|-------|
| A | Holgura personal | | 5% |
| B | Holgura por fatiga básica | | 4% |
| 2. Holguras Variables | | | |
| A | Holgura por estar de pie | | 2% |
| B | Holgura por posición anormal | | |
| | i | Incómodo (inclinado) | 2% |
| | ii | Muy incómodo (acostado, estirado) | 7% |
| C | Uso de fuerza o energía muscular para levantar, jalar, empujar. Peso levantado (Libras): | | |
| | | 20 | 3% |
| | | 40 | 9% |
| | | 60 | 17% |
| D | Mala iluminación: | | |
| | i | Mucho menor que la recomendada | 2% |
| | ii | Bastante inadecuada | 5% |
| E | Condiciones atmosféricas (calor y humedad): | | |
| | i | Variable | 0-10% |
| F | Atención cercana: | | |
| | i | Fino o exacto | 2% |
| | ii | muy fino o muy exacto | 5% |
| G | Nivel de ruido: | | |
| | i | Intermitente fuerte | 2% |
| | ii | Intermitente muy fuerte o muy agudo | 5% |

Tabla 1. Porcentajes de holguras para diferentes trabajos [21] continuación.

| 2. Holguras Variables | | | |
|------------------------------|----------------|-------------------------------------|----|
| H | Tensión mental | | |
| | i | Complejo o rango amplio de atención | 4% |
| | ii | Muy complejo | 8% |
| I | Tedio | | |
| | i | Tedioso | 2% |
| | ii | Muy tedioso | 5% |

Tiempo estándar

Es el tiempo que un trabajador experimentado y capacitado requiere para ejecutar un trabajo a un ritmo normal, añadiendo las holguras necesarias ya sean por fatiga o atenciones personales [22]. El tiempo estándar se encuentra mediante la sumatoria de tiempos normales de cada actividad y las permisibilidades requeridas por el trabajador, la ecuación es [23]:

$$TE = TN(1 + S) \quad (3)$$

Donde:

TE: Tiempo estándar

TN: Tiempo normal total de la tarea

S: Holguras que requiere el trabajador para sus necesidades o demoras.

Herramientas para el estudio del trabajo

Ciclos de estudio

La cantidad de observaciones que se ejecuta en un estudio determina su precisión, esto se debe a que mientras mayor sea el número se obtienen una gran cantidad de datos, los cuales generaran que la desviación estadística en su análisis sea mínima, es por

esto que existe una gran cantidad de criterios para determinar el número adecuado de observaciones dentro de un estudio, como la tabla de Westinghouse y el criterio de la General Electric que se evidencia en la tabla 2, el cual determina las observaciones en base al tiempo de demora en la tarea [24].

Tabla 2. Tabla de criterio de General Electric [24].

| Tiempo de ciclo (Minutos) | Número recomendado de ciclo |
|----------------------------------|------------------------------------|
| 0.1 | 200 |
| 0.25 | 100 |
| 0.5 | 60 |
| 0.75 | 40 |
| 1.00 | 30 |
| 2.00 | 20 |
| 2.00 – 5.00 | 15 |
| 5.00 – 10.00 | 10 |
| 10.00 – 20.00 | 8 |
| 20.00 – 40.00 | 5 |
| 40.00 o más | 3 |

Método de medición de tiempo

Dentro del estudio del tiempo existen dos métodos que nos permiten registrar el tiempo transcurrido de una actividad, los cuales son:

1. Métodos de regresos a cero

Consiste en medir una actividad de inicio a fin paralizando el instrumento de medición, cronometro, al finalizarla y reiniciar desde cero cuando se ejecute la próxima, este método es factible utilizar cuando los tiempos de ejecución de cada actividad son muy largos [25].

2. Método continuo

Consiste en medir una tarea de inicio a fin, registrando el valor arrojado por el cronómetro al finalizar una actividad y sin detenerlo, esto es muy útil cuando las actividades poseen tiempos muy cortos [26].

Hoja de registro de tiempos

Son elementos utilizados para la recolección de datos, poseen formatos con espacios suficientes y muy flexibles para registrar toda la información necesaria en el estudio, tal como nombre, descripción y número de operación, nombre y número de la máquina, departamentos, áreas, condiciones del trabajo y observaciones de las actividades, los grandes expertos del estudio del tiempo mencionan que es preferible poseer demasiada información concerniente al estudio a tener muy poca.

Distribución de planta

La distribución de planta es la correcta ubicación de las máquinas, herramientas, personal dentro de las instalaciones de la empresa, proporcionando un espacio adecuado para la realización de sus actividades y produciendo la mayor productividad dentro de los procesos. Esto se puede aplicar en una instalación ya existente o en una que va a ser instalada por primera vez. La correcta distribución de planta permite cumplir los siguientes principios para garantizar el mayor aprovechamiento de los recursos dentro de la planta [27].

Principios de la distribución de planta

1. Integración de conjunto

Para una mejor distribución es necesario integrar a todos los que intervienen en la producción, personal, maquinaria y/o equipos.

2. Mínima distancia recorrida

En una correcta distribución de planta la distancia que debe recorrer el material o el personal deben ser las más cortas, seguras y cómodas.

3. Circulación o flujo de materiales

Ordenas las áreas de trabajo de tal forma que las operaciones estén en la misma secuencia u orden que se tratan.

4. Espacio cúbico

Resulta económico utilizar todo el espacio disponible, ya sea de forma vertical u horizontal para almacenamiento de materiales y herramientas.

5. Satisfacción y seguridad

La distribución que garantice la satisfacción y seguridad de los operarios, materiales y maquinaria será más efectiva.

6. Flexibilidad

Será más efectiva la distribución que sea ajustable a futuros cambios con el menor costo posible [28].

Formatos básicos de la distribución de planta

1. Centros de trabajo

Agrupa máquinas similares en áreas designadas, por donde el producto avanza por las distintas áreas para su procesamiento.

2. Línea de ensamble

Establece los procesos de trabajo necesarios para la creación de un producto en secuencia, pretendiendo que todos los procesos se ejecuten en una línea recta.

3. Celda de manufactura

Reúne máquinas y herramientas diferentes necesarias para la generación de productos similares en una celda de trabajo.

4. Distribución por proyecto

Mantiene el producto estático y los procesos se dirigen hacia el producto para realizar las actividades necesarias para su procesamiento [29].

Procedimientos de formación de células

Análisis del flujo de producción (AFP)

Es una técnica que permite analizar la secuencia de operaciones dentro de la planta, la clave de esta técnica es la agrupación de operaciones y rutas similares, además de estaciones de máquinas y trabajo con la finalidad de formar un grupo celular, para lo cual comprende cuatro pasos [29].

1. Clasificación de las máquinas: Se clasifican en función de las operaciones que en ellas se pueden ejecutar.
2. Revisión de la lista de partes y de la información de producción: Para las partes o piezas a ser desarrolladas, la información de las operaciones y máquinas que se requieren debe ser analizada en su totalidad.
3. Análisis del flujo en la fábrica: se requiere un estudio del flujo de los componentes que pasan por las máquinas para descomponer la problemática en un número de máquinas y grupo de piezas.
4. Análisis de grupo máquina componente: Método intuitivo para manipular una matriz, donde se identifican las máquinas en la primera columna y las piezas en la primera fila, formando células de trabajo.

Algoritmo de ordenamiento por categoría (OAC)

Es un algoritmo desarrollado por King en el año de 1980, para conformar grupos de máquinas y componentes que se relacionen entre sí, el algoritmo se desarrolla en 4 pasos [30].

1. Asignar un peso binario y decimal a cada fila y columna de la matriz utilizando las siguientes fórmulas:

Peso decimal por fila i:

$$i = \sum_{i=1}^m b_{ip} 2^{(m-p)} \quad (4)$$

Peso decimal por columna j:

$$j = \sum_{j=1}^n b_{jp} 2^{(n-p)} \quad (5)$$

2. Ordenar las filas y columnas de forma decreciente tomando a consideración los valores obtenidos por el peso decimal.
3. Repetir los pasos 1 y 2 para cada columna y fila.
4. Continuar con el procedimiento hasta que no existan más cambios en la posición de los elementos en cada fila y columna.

Evaluación de celda de manufactura – Algoritmo heurístico

Método cuantitativo desarrollado por Kumar y Chandrasekharan en 1990 para evaluar la bondad de las matrices binarias, la eficiencia del grupo (Γ) se define como [30].

$$\Gamma = \frac{1-\Psi}{1+\Phi} \quad (6)$$

Donde:

$$\Psi = \frac{\text{Número de elementos excepcionales}}{\text{Numero total de operaciones}} \quad (7)$$

$$\Phi = \frac{\text{Número de vacíos de la celda}}{\text{Numero total de operaciones}} \quad (8)$$

Método de Guerchet

Para el análisis de la distribución de planta se utiliza el método de Guerchet que permitirá calcular los espacios físicos adecuados y requeridos para establecer el diseño y la distribución de planta propuesta en el presente proyecto [31].

En este método se calculan los espacios físicos ya mencionados, es por ello que se requiere identificar el número de maquinarias y equipos, los cuales son llamados estáticos o fijos (EF) y a su vez el número de operarios llamados elementos móviles (EM), para ello en cada elemento a distribuir se calcula la superficie total necesaria a partir de tres superficies parciales como se muestra en la figura a continuación [31]:

$$S_t = S_s + S_g + S_e \quad (9)$$

Donde:

S_t = Superficie total

S_s =Superficie estática

S_g =Superficie de gravitación

S_e =Superficie de evolución

Superficie estática (Ss)

Corresponde al área del terreno que ocupan las máquinas o equipos, se evalúa en posición del uso de la máquina o equipo.

$$S_s = Largo \times Ancho = L \times A \quad (10)$$

Superficie de gravitación (Sg)

Es la superficie que utiliza el obrero y el material para las operaciones en curso alrededor de cada puesto de trabajo, la cual se obtiene multiplicando la superficie estática por el número de lados a partir de los cuales la máquina se utilizará.

$$S_g = S_s \times N \quad (11)$$

Superficie de evolución (Se)

Es la que se reserva entre los puestos de trabajo para el desplazamiento del personal y del equipo. Para su cálculo se emplea un factor K llamado coeficiente de evolución el cual representa una medida ponderada entre las alturas de los elementos móviles y estáticos.

$$S_e = (S_s + S_g)K \quad (12)$$

Lean Manufacturing

Lean manufacturing es una filosofía que se enfoca en los clientes, trabajadores y puestos de trabajo. Busca la disminución de los desperdicios que generan los procesos de producción, transformando los sistemas de producción de tal manera que sean muy adaptables a diferentes procesos sin importar la complicación de estos. Lean aplica la eliminación de los desperdicios mediante técnicas sistemáticas que son aplicables a cualquier sistema para mejorarlo [32].

Tipos de desperdicios

Los desperdicios son cualquier material, tiempo, operación o proceso que genere un gasto a la empresa, sin agregar valor al producto. En la filosofía lean se encuentran 9 desperdicios descritos en la tabla 3 [33].

Tabla 3. Tipos de desperdicios en las empresas [34].

| Ítem | Descripción |
|-------------|----------------------|
| 1 | Defectos |
| 2 | Exceso de producción |
| 3 | Transporte |
| 4 | Esperas |
| 5 | Inventarios |

Tabla 3. Tipos de desperdicios en las empresas [34], continuación.

| Ítem | Descripción |
|-------------|---------------------------------------|
| 6 | Movimientos innecesarios |
| 7 | Procesamientos innecesarios |
| 8 | Desaprovechamiento del talento humano |
| 9 | Mal huso de los recursos humanos |

Metodologías Lean Manufacturing

Las 5S

Consiste en ejecutar cinco pasos para poder generar una cultura de orden y limpieza en cualquier área de la empresa, esta herramienta es la base fundamental para la implementación de otras metodologías Lean, el proceso para la ejecución de las 5S es: Eliminar, ordenar, limpiar, estandarizar y disciplina [35].

SMED

Es una metodología especializada en reducir el tiempo de preparación que una máquina requiere para ser utilizada, los pasos a seguir para esta herramienta son: Preparación previa, separar tareas internas y externas, organizar tareas externas, reducir tiempos de las tareas y dar seguimiento [35].

TPM

Mantenimiento productivo total, son técnicas y metodologías que permiten eliminar el desperdicio de tiempo en paros no programados de las máquinas en la empresa garantizando disponibilidad y confiabilidad de las operaciones mediante conceptos básicos como: Prevención, cero defectos, cero accidentes y participación total de las personas [35].

KAMBAN

Palabra en japonés cuyo significado es tarjetas visuales, esta técnica es originada en Toyota con la finalidad de controlar el avance de los procesos, la herramienta está

enfocada en realizar las tareas pendientes enfocándose en cuatro principios: Empezar con lo que hacer ahora, Comprometerse a buscar cambios evolutivos, respetar los procesos, responsabilidades y cargos actuales, Animar el liderazgo en todos los niveles [35].

Simulación de sistemas de manufactura

Las simulaciones de sistemas de manufacturas se han convertido en una herramienta viable para la toma de decisiones dentro de las empresas, esto se debe a la gran versatilidad que poseen los softwares para simular entornos reales dentro de los procesos de producción, esto se puede llevar a cabo mediante programaciones probabilísticas que ayudan a generar perturbaciones reales que puedan existir dentro de líneas de producción. Las herramientas de simulación brindan al usuario menores recursos económicos para probar diversas propuestas que se pueden emplear en una planta de producción [36].

Para la simulación de un entorno se procede a seguir una metodología recomendada la cual establece un orden en el proceso de la creación del ambiente [37].

Metodología de la simulación

1. Definir el problema

Se requiere establecer objetivos mediante variables que ayuden a la obtención de dichos objetivos.

2. Elaborar el modelo de simulación

Se especifica las variables, parámetros, reglas de decisión y tiempos a ser utilizados en la programación de la simulación.

3. Ejecución y validación de la simulación

Con la finalidad de obtener pruebas y datos estadísticos para ser comparados con otra información adicional al estudio.

4. Validación

Se evalúa y compara los datos estadísticos buscando mejoras en lo propuesto para tener una aprobación del modelo de simulación.

Programa de simulación

Existe una gran variedad de programas y métodos para crear un modelo de simulación, sin embargo dentro de estos sobresale un software llamado Flexsim, el cual posee una interacción fácil de comprender para el usuario, gracias a su creación visual de objetos tridimensionales dentro del entorno de simulación permite establecer situaciones complejas sin la necesidad de escribir un código de programación, el software permite programar el flujo de recorrido del proceso de una manera visual, además brinda una fácil visualización de los resultados, el programa posee objetos, procesos, individuos y máquinas que pueden ser programados o interrelacionados mediante conexión sencillas, generando una cadena de producción programable en cada uno de los puntos de trabajo [38].

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Proponer una distribución de instalaciones con perspectiva Lean en el Taller Industrial Shambi e Hijos.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar los procesos existentes dentro de la empresa para conocer la actualidad de la misma.
- Realizar un estudio de tiempos y movimientos en los procesos productivos del taller.
- Establecer una distribución de planta adecuada con herramientas lean para el proceso metalmecánico.
- Diseñar una simulación acorde a la propuesta de distribución establecida.

CAPITULO II

METODOLOGÍA

2.1. Materiales

Los materiales utilizados para el desarrollo del proyecto de investigación se detallan a en la tabla 4:

Tabla 4. Materiales utilizados.

| Material | Utilización | Imagen |
|---------------------------------|---|---|
| Cámara Digital | Captar fotografías y videos de actividades laborales, utilizados para la descripción de sus procesos, anexos entre otros. |  |
| Flexómetro/Cinta Métrica | Tomar medidas longitudinales para analizar el espacio físico disponible, distancias recorridas y dimensiones de maquinaria. |  |
| Microsoft Office 2016 | Elaborar informes, fichas, registros y diagramas necesarios para el desarrollo del proyecto. |  |
| Cronómetro | Tomar tiempos de ciclo para el estudio de tiempos. |  |
| AutoCAD 2021 | Diseñar de planos y layout de la planta |  |

Tabla 4. Materiales Utilizados, continuación.

| Material | Utilización | Imagen |
|-------------------------------------|--|---|
| Ficha de registro de tiempos | Registrar tiempos de cada actividad en los procesos productivos (Anexo 1). |  |
| Flexsim 2019 | Diseñar y programar simulación de distribución propuesta. |  |

2.2. Métodos

2.2.1. Modalidad de investigación

Proyecto de investigación y desarrollo

El presente estudio recurrió a una modalidad de investigación bibliográfica y de campo, pues se apoyó en fundamentos teóricos y prácticos que ayudaron al desarrollo de la propuesta para una adecuada distribución de instalaciones con flexibilidad, se basó en una investigación de campo porque se requirió analizar los criterios necesarios para la comprensión de los procesos dentro de la empresa.

Investigación documental o bibliográfica

La investigación se basó en estudios previos y sustentados, tomando los conceptos de fuentes físicas y digitales, con la finalidad de generar una base de datos para seleccionar los criterios requeridos para el desarrollo del estudio, lo que ayudó a la generación de la propuesta para el taller.

Investigación de campo

El estudio se basó en datos recolectados en las instalaciones del taller donde sucedieron los hechos, a través de técnicas básicas para la recolección de información, tanto cuantitativas como cualitativas. La investigación se aplicó directamente en los recursos humanos, de maquinaria y otros recursos complementarios que se necesitaban para el desarrollo del estudio.

2.2.2. Población o muestra

La población se tomó en base de dos criterios de selección, el primero escogió los productos que generan mayores réditos económicos según las ventas obtenidas por el taller con un histórico de datos de 3 años atrás y el segundo aquellos productos que pasan por todos los procesos existentes dentro del taller o la mayoría de ellos.

2.2.3. Recolección de la información

La recolección de información para el desarrollo del proyecto partió del cumplimiento de las actividades de investigación, para alcanzar y desarrollar los objetivos propuestos, por lo cual se acudió a los recursos organizacionales que engloban las actividades de la empresa, así como sus espacios físicos.

Teniendo en cuenta lo mencionado, se estableció los parámetros necesarios para cumplir con el estudio, como el proceso para la toma de tiempo de las actividades dentro de la empresa, medición de superficie disponible, aplicación de métodos de distribución, y la aplicación de herramientas lean, por mencionar algunos.

Es por esto que se recurrió a instrumentos para la recolección de la información, tales como fichas de registros, hojas de toma de tiempos, fichas de observación, los cuales generaron información necesaria para la aplicación de los métodos y técnicas de distribución de instalaciones correspondientes a los procesos de la empresa.

2.2.4. Procesamiento y análisis de datos

Para determinar la información relevante del estudio se recurrió al procesamiento y análisis de datos preliminares, para esto se determinó un plan de procesamiento constituido por fases de filtración, las mismas que se presentan a continuación.

1. Validación, tabulación y clasificación de los datos.
2. Definición de variables acordes al método aplicable.
3. Análisis de datos a través de herramientas estadísticas mediante softwares.
4. Procesar datos que se involucren en la situación actual de la empresa.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de resultados

3.1.1. Información y datos generales de la empresa.

Taller Industrial Shambi e Hijos

Da sus inicios en el año 2013 como una empresa familiar, que se constituye en un taller industrial especializado en el Estructuramiento metálico, cerrajería en acero negro e inoxidable, fundado por el señor Franklin Madison Shambi Moyolema, gerente propietario y gracias al apoyo de su esposa e hijos se ha logrado establecer en un pequeño mercado comercial, logrando equipar con mejor maquinaria para la elaboración de los pedidos de sus clientes.

Misión

Elaborar productos de alta calidad que satisfagan la necesidad de nuestros clientes, promoviendo la mejora continua y garantizando un excelente clima laboral a nuestros trabajadores, siempre y cuando con responsabilidad legal y social, manteniéndose como un negocio rentable a través del tiempo.

Visión

Ser una empresa líder a nivel de la provincia de Tungurahua, y eficiente en la fabricación de productos en acero inoxidable y estructuras de acero, asegurando que nuestros clientes y proveedores conserven la confianza en nosotros.

Ubicación.

Taller industrial Shambi e Hijos se encuentra ubicado en la provincia de Tungurahua, ciudad de Ambato, parroquia Celiano Monje, sector Huachi Chico – Barrio Solís, en la Av. Jorge Araujo Chiriboga y Av. Cueva Celi como se observa en la figura 2.



Figura 2. Ubicación del taller desde Google Map [39].

Organigrama

Taller industrial Shambi e hijos posee colaboración de toda la familia del Sr. Franklin Shambi, siendo el representante legal del taller y dividiendo su organización en tres niveles como se observa en la figura 3.

Nivel directivo y ejecutivo

Encargado de la toma de decisiones dentro del taller, manifestar instrucciones y directrices a los demás niveles y coordinaciones de actividades para el alcance de los objetivos y metas. Este nivel se encuentra conformado por representante legal de la empresa y Gerente General.

Nivel de asesoría

Se encarga del control y administración financiera del taller, se encuentra conformado por secretaria y contabilidad.

Nivel operativo

Se encuentra conformado por las direcciones operativas de la empresa, como dirección de producción, ventas y compras.

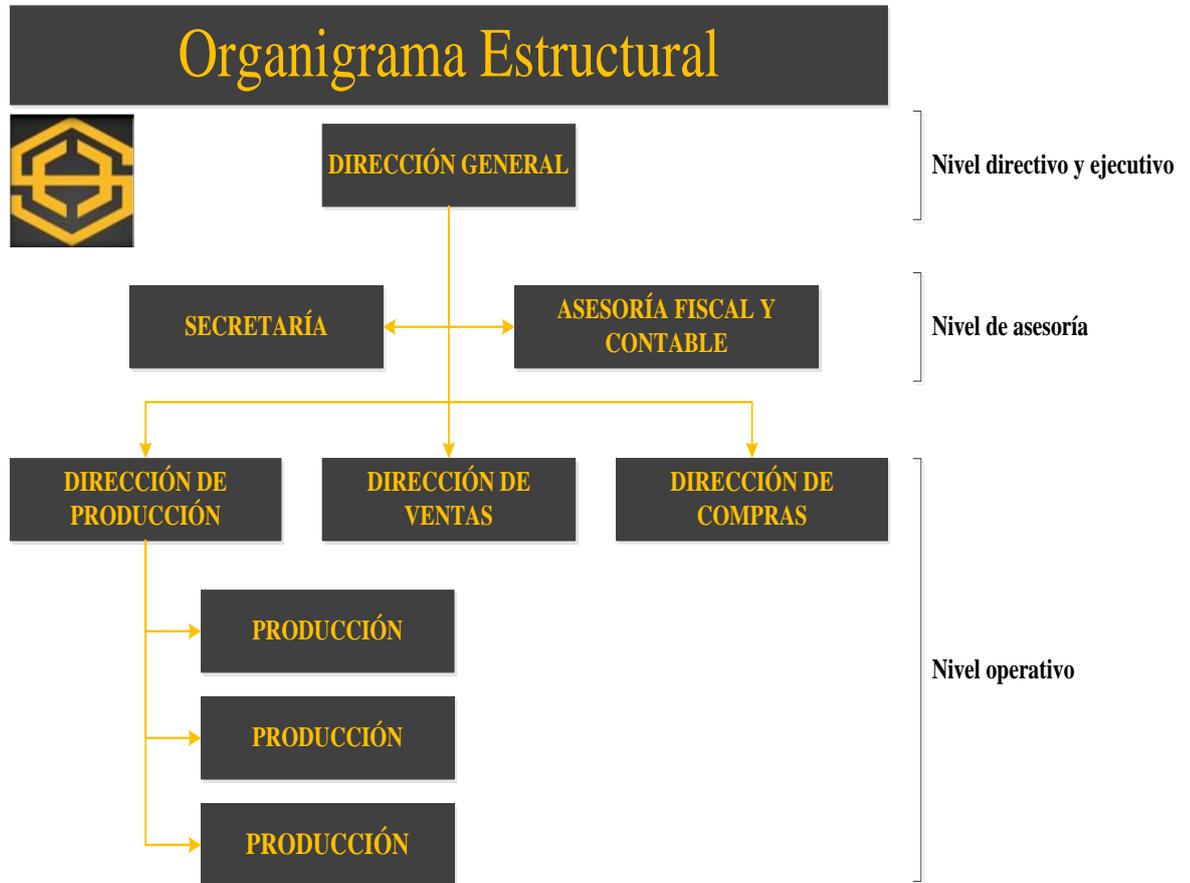


Figura 3. Distribución organizacional del taller.

Mapa de procesos

Los procesos que constituyen la estructura del taller industrial se encuentran presentes en la figura 4, los mismos que se encargan en cumplir las necesidades del cliente y garantizar el cumplimiento de las actividades dentro del taller para generar los productos con la mejor calidad.

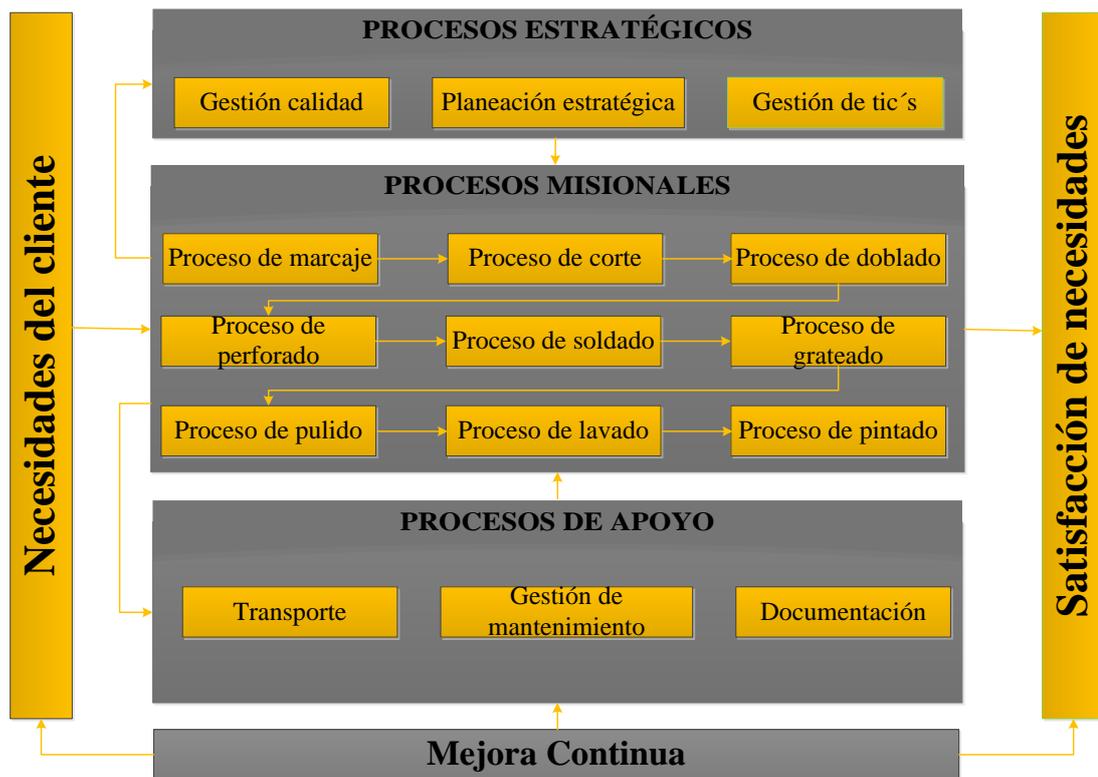


Figura 4. Mapa de procesos del taller industrial

Situación actual de la empresa

Taller Industrial Shambi e Hijos pretende agrandar sus instalaciones, por tal motivo se encuentra funcionando en un terreno adquirido por el Gerente, el cual ha sido acondicionado con instalaciones eléctricas temporales para realizar todas las actividades laborales del taller como se observa en la figura 5, las cuales se ejecutan sin un orden u optimización adecuada del espacio.



Figura 5. Estado actual del taller

Productos ofertantes por el Taller

Actualmente Taller Industrial Shambi e Hijos se encuentra especializado en la fabricación de productos que pertenecen a tres ramas de la metalmecánica, los cuales son Estructuramiento Metálico, Cerrajería en acero Inoxidable y Cerrajería en acero negro, estos se pueden clasificar por la materia prima que se utiliza para su fabricación, y su diseño de construcción.

Estructuramiento Metálico

Se refiere a todos los productos que se fabrican con perfilería estructural, formado estructuras metálicas de dimensiones variadas, formas muy distintas y diseños establecidos por los clientes, acorde a sus necesidades y requerimientos, se clasifican en tres categorías descritas en la tabla 5.

Tabla 5. Categoría de productos para estructuramiento metálicos.

| Categoría | Descripción |
|---|--|
| <p data-bbox="343 1122 719 1151">Estructura de pequeña escala</p>  <p data-bbox="354 1697 708 1760">Figura 6: Estructura de pequeña escala, sector Picaihua.</p> | <p data-bbox="772 1211 1394 1682">Son estructuras con dimensiones que no superaran los 15 m², fabricadas con tubería estructural redonda o cuadrada de dimensiones menores a 3” de diámetro y 2 mm de espesor, su construcción conlleva estructuramiento y tejido simple como se observa e la figura 6, unidos con cordones de soldadura sencillos, electrodo 6011, y recubiertas con planchas de policarbonato e=8 mm o Duratecho e=0.40 mm.</p> |

Tabla 5. Categoría de productos para estructuramiento metálicos, continuación.

| Categoría | Descripción |
|--|--|
| <p data-bbox="341 371 719 403">Estructura de mediana escala</p>  <p data-bbox="352 875 708 943">Figura 7: Estructura de mediana escala, Casa Parroquial Quero.</p> | <p data-bbox="770 371 1390 1066">Son estructuras con dimensiones mayores a los 15 m² pero menor a los 100 m², son fabricadas con tubería estructural rectangular, redonda, cuadrada, perfiles estructurales correa G o U y perfiles angulares, con espesor mayor o igual a 2 mm, su construcción conlleva uniones complejas y tejidos simples evidenciados en la figura 7, armado con puntos de soldadura sencilla, electrodo 6011, y rematado con cordones de alta resistencia mecánica, electrodo 7018 y soldadura MIG, recubiertas con planchas de policarbonato e=10 mm o Duratecho e=0.40 mm.</p> |
| <p data-bbox="368 1122 695 1153">Estructura de gran escala</p>  <p data-bbox="320 1637 740 1704">Figura 8: Estructura de Gran escala, Escuela del milenio Quitumbe - Quito.</p> | <p data-bbox="770 1122 1390 1816">Son estructuras con dimensiones mayores a 100 m², fabricada con perfilería estructural cuadrada, rectangular, circular, perfiles estructurales correa G o U con espesor mayor a 2 mm y perfiles estructurales IPE, IPN, UPN y HEB, su construcción conlleva uniones complejas como se observa en la figura 8, tejido simples y compuestos, armado con puntos de soldadura sencilla, electrodo 6011, y rematado con cordones de alta resistencia mecánica, electrodo 7018 y soldadura MIG, recubiertas con planchas de policarbonato e=10 mm y Duratecho e=0.4 mm en caso de requerirlo.</p> |

Productos en acero Inoxidable

Son productos elaborados netamente en acero inoxidable como se puede observar en la tabla 6, los cuales son requeridos para el sector alimenticio, salud, sanitario y para decoración de espacios públicos.

Tabla 6. Categoría de productos en acero inoxidable.

| Categoría | Descripción |
|---|---|
| <p>Pasamano en acero inoxidable</p>  <p>Figura 9: Pasamano INOX, Centro Cultural Eugenia Mera</p> | <p>Productos requeridos para espacios públicos y privados evidenciados en la figura 9, elaborado con tubería circular de 5/8", 1½" y 2", accesorios en acero inoxidable y bases circulares e=5 mm, armados con puntos de soldadura TIG y cordones de acero.</p> |
| <p>Divisiones sanitarias en acero Inoxidable</p>  <p>Figura 10: Divisiones INOX, Piscinas La Merced.</p> | <p>Productos requeridos para el sector sanitario, figura 10, fabricados con plancha inoxidable e=0.70 y 1.00 mm, accesorios y cerraduras en acero inoxidable, armado con dobles específicos y puntos de soldadura TIG.</p> |

Tabla 6. Categoría de productos en acero inoxidable, continuación.

| Categoría | Descripción |
|---|---|
| <p data-bbox="331 376 730 409">Mesones de acero inoxidable</p>  <p data-bbox="338 777 724 840">Figura 11: Mesones INOX, Centro Cultural Patrimonial.</p> | <p data-bbox="770 450 1390 757">Productos requeridos para el sector alimenticio y salud, fabricados con plancha inoxidable espesores variables, según especificaciones del cliente, tubería inoxidable cuadrada y circular, espesores y dimensiones variables, como se observa en la figura 11.</p> |

Productos de cerrajería

Estos productos tienen una gran variedad de tipo, dimensiones y formas, como se evidencia en la tabla 6, son producidos específicamente con tubería mecánica cuadrada, circular, ángulos, tol negro o galvanizado y en algunos casos poseen accesorios decorativos de acero INOX, todos estos productos son fabricados con especificaciones y características diferentes a las normales.

Tabla 7. Categoría de productos de cerrajería.

| Categoría | Descripción |
|---|--|
| <p data-bbox="427 1494 633 1527">Puerta metálica</p>  <p data-bbox="323 1886 738 1948">Figura 12: Puerta metálica, domicilio particular.</p> | <p data-bbox="770 1704 1390 1794">Puerta metálica panelada con dobles específicos y decoraciones con accesorios INOX, figura 12,</p> |

Tabla 7. Categoría de productos de cerrajería, continuación.

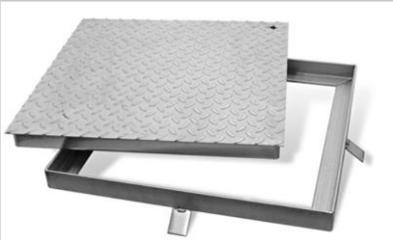
| Categoría | Descripción |
|---|--|
| <p data-bbox="432 376 628 405">Sillas metálicas</p>  <p data-bbox="320 779 743 853">Figura 13: Sillas metálicas de división en Y, Parque Maruja Cobo García.</p> | <p data-bbox="774 584 1398 730">Silla metálica en división Y, Anclada con placas fundida, asiento y espaldar con tubería rectangular evidenciada en la figura 13.</p> |
| <p data-bbox="408 958 655 987">Escaleras metálicas</p>  <p data-bbox="357 1388 703 1462">Figura 14: Escaleras metálicas, domicilio particular.</p> | <p data-bbox="774 1115 1398 1312">Escalera metálica flotante, anclada en puntos de apoyo en paredes, esqueletado con perfilera IPN, y tubería mecánica, observada en la figura 14.</p> |
| <p data-bbox="429 1491 635 1520">Tapas metálicas</p>  <p data-bbox="387 1798 676 1827">Figura 15: Tapa metálica.</p> | <p data-bbox="774 1626 1398 1771">Tapas de uso para alcantarillados con armado de tol negro o galvanizado, tejido con varilla corrugada #10 como se observa en la figura 15.</p> |

Tabla 7. Categoría de productos de cerrajería, continuación.

| Categoría | Descripción |
|--|--|
| <p data-bbox="325 371 742 405">Puertas elegantes semi blindadas</p>  <p data-bbox="357 763 708 819">Figura 16: Puerta elegante semi blindada.</p> | <p data-bbox="778 517 1401 663">Puerta elegante semi blindada, con accesorios INOX y vidrios arenados como se evidencia en la figura 16.</p> |

3.1.2 Análisis ABC de productos

El análisis ABC permite identificar los productos que generan mayores réditos económicos, para ello el taller ha proporcionado un historial de ventas a lo largo del 2018, 2019 y 2020, los cuales se encuentran descritos en la tabla 8, 9 y 10 respectivamente.

Tabla 8. Histórico de ventas del año 2018 del taller.

| AÑO 2018 | | | |
|----------|--|----------------|--------------|
| CANTIDAD | PRODUCTOS | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
| 1 | Puerta de tol 3x2.50 m | \$ 350.00 | \$ 350.00 |
| 1 | Estructura mediana escala 31.99 m ² | \$ 2,415.47 | \$ 2,415.47 |
| 1 | Divisiones de baño INOX 19.84 m ² | \$ 3,055.33 | \$ 3,055.33 |
| 1 | Estructura pequeña escala 10.95 m ² | \$ 1,564.66 | \$ 1,564.66 |
| 1 | Estructura mediana escala 69.14 m ² | \$ 5,220.14 | \$ 5,220.14 |
| 1 | Estructura gran escala 142 m ² | \$ 15,000.00 | \$ 15,000.00 |
| 4 | Sillas metálicas tipo Y L=2m | \$ 424.00 | \$ 1,696.00 |
| 1 | Estructura gran escala 105 m ² | \$ 11,091.64 | \$ 11,091.64 |
| 1 | Estructura pequeña escala 1.05 m ² | \$ 150.00 | \$ 150.00 |
| 1 | Divisiones de baño INOX 30.13 m ² | \$ 4,640.00 | \$ 4,640.00 |

Tabla 8. Histórico de ventas del año 2018 del taller, continuación.

| AÑO 2018 | | | |
|-----------------|--|-----------------------|--------------------|
| CANTIDAD | PRODUCTOS | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
| 1 | Estructura pequeña escala 8.70 m ² | \$ 1,243.00 | \$ 1,243.00 |
| 1 | Estructura gran escala 236.66 m ² | \$ 25,000.00 | \$ 25,000.00 |
| 1 | Pasamano INOX 19.09 m | \$ 2,100.00 | \$ 2,100.00 |
| 1 | Divisiones de baño INOX 40 m ² | \$ 6,160.00 | \$ 6,160.00 |
| 1 | Estructura pequeña escala 2.1 m ² | \$ 299.98 | \$ 299.98 |
| 1 | Puerta de tol 3x4 m | \$ 482.14 | \$ 482.14 |
| 4 | Sillas metálicas asiento L=1 m | \$ 400.00 | \$ 1,600.00 |
| 1 | Estructura pequeña escala 14 m ² | \$ 2,000.00 | \$ 2,000.00 |
| 1 | Pasamano INOX 12.22 m | \$ 1,344.74 | \$ 1,344.74 |
| 1 | Estructura mediana escala 64.16 m ² | \$ 4,844.45 | \$ 4,844.45 |
| 1 | Estructura pequeña escala 6.79 m ² | \$ 970.00 | \$ 970.00 |
| 1 | Pasamano INOX 14.27 m | \$ 1,570.00 | \$ 1,570.00 |
| 1 | Estructura gran escala 111.48 m ² | \$ 11,776.46 | \$ 11,776.46 |
| 6 | Puerta semi blindada 2.10x0.95 m | \$ 896.00 | \$ 5,376.00 |
| 9 | Puerta semi blindada 2.10x0.91 m | \$ 864.89 | \$ 7,784.01 |
| 1 | Estructura gran escala 757.33 m ² | \$ 80,000.00 | \$ 80,000.00 |
| 1 | Estructura mediana escala 76.83 m ² | \$ 5,800.57 | \$ 5,800.57 |

Tabla 9. Histórico de ventas del año 2019 del taller.

| AÑO 2019 | | | |
|-----------------|---|-----------------------|--------------------|
| CANTIDAD | PRODUCTOS | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
| 1 | Estructura pequeña escala 6.97 m ² | \$ 995.00 | \$ 995.00 |
| 1 | Estructura pequeña escala 8.70 m ² | \$ 1,243.20 | \$ 1,243.20 |
| 1 | Estructura pequeña escala 7.35 m ² | \$ 1,050.00 | \$ 1,050.00 |
| 24 | Tapa metálica circular d=0.80 m | \$ 25.00 | \$ 600.00 |
| 1 | Estructura pequeña escala 6.66 m ² | \$ 951.00 | \$ 951.00 |
| 1 | Estructura pequeña escala 2.10 m ² | \$ 299.98 | \$ 299.98 |
| 1 | Pasamano INOX 8.16 m | \$ 898.00 | \$ 898.00 |
| 35 | Tapa metálico circular d=0.90 m | \$ 27.91 | \$ 976.85 |

Tabla 9. Histórico de ventas del año 2019 del taller, continuación.

| AÑO 2019 | | | |
|-----------------|--|-----------------------|--------------------|
| CANTIDAD | PRODUCTOS | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
| 1 | Divisiones de baño INOX 14.29 m ² | \$ 2,200.04 | \$ 2,200.04 |
| 1 | Estructura pequeña escala 6.09 m ² | \$ 870.00 | \$ 870.00 |
| 1 | Estructura pequeña escala 1.26 m ² | \$ 180.00 | \$ 180.00 |
| 40 | Tapa metálica cuadrada 0.5x0.5 m | \$ 65.00 | \$ 2,600.00 |
| 1 | Estructura pequeña escala 6.30 m ² | \$ 900.00 | \$ 900.00 |
| 1 | Estructura mediana escala 61.36 m ² | \$ 4,632.32 | \$ 4,632.32 |
| 1 | Puerta semi blindada 3.20x4.50 m | \$ 6,500.00 | \$ 6,500.00 |
| 1 | Estructura pequeña escala 4.70 m ² | \$ 672.00 | \$ 672.00 |
| 1 | Estructura pequeña escala 6 m ² | \$ 857.75 | \$ 857.75 |
| 1 | Estructura pequeña escala 11.9 m ² | \$ 1,700.00 | \$ 1,700.00 |
| 1 | Mesón INOX 1.30x0.60x0.90 m | \$ 500.00 | \$ 500.00 |
| 154 | Tapa metálica circular d=0.85 m | \$ 27.00 | \$ 4,158.00 |
| 2 | Tapa metálica cuadrada 1x1 m | \$ 95.00 | \$ 190.00 |
| 1 | Mesón INOX 1.50x0.80x0.90 m | \$ 600.00 | \$ 600.00 |
| 1 | Estructura gran escala 113.60 m ² | \$ 12,000.00 | \$ 12,000.00 |

Tabla 10. Histórico de ventas del año 2020 del taller.

| AÑO 2020 | | | |
|-----------------|---|-----------------------|--------------------|
| CANTIDAD | PRODUCTOS | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
| 1 | Sillas metálicas asiento L=1.1 m | \$ 112.00 | \$ 112.00 |
| 1 | Pasamano INOX 20 m | \$ 2,200.00 | \$ 2,200.00 |
| 1 | Divisiones de baño INOX 22.28 m ² | \$ 3,431.74 | \$ 3,431.74 |
| 1 | Pasamano INOX 18.55 m | \$ 2,040.00 | \$ 2,040.00 |
| 1 | Estructura mediana escala 100 m ² | \$ 7,550.00 | \$ 7,550.00 |
| 1 | Divisiones de baño INOX 20.16 m ² | \$ 3,104.64 | \$ 3,104.64 |
| 1 | Estructura pequeña escala 3.01 m ² | \$ 429.52 | \$ 429.52 |
| 1 | Tapa metálica circula d=1 m | \$ 33.60 | \$ 33.60 |
| 1 | Puerta semi blindada 2.10x0.96 m | \$ 910.00 | \$ 910.00 |
| 1 | Estructura pequeña escala 5.46 m ² | \$ 780.00 | \$ 780.00 |

Elaborando el diagrama ABC en cada categoría de productos que posee el taller se determinan los productos que se encuentran en el intervalo de 0% a 80% los cuales corresponden al grupo A, del 80.1% al 95% los del grupo B y del 95.1% al 100% del grupo C.

En la categoría de estructuramiento metálico los productos tipos “A”, “B” y “C” pueden ser observados en la tabla 11, mientras que en la tabla 12 se resume los réditos económicos de cada segmentación.

Tabla 11. Segmentación de productos para estructuramiento metálicos.

| PRODUCTOS | PORCENTAJE | PORCENTAJE ACUMULADO |
|---------------------------|-------------------|-----------------------------|
| Estructura gran escala | 76.48% | 76.48% |
| Estructura mediana escala | 15.04% | 91.53% |
| Estructura pequeña escala | 8.47% | 100.00% |

Tabla 12. Resumen de rédito económico en cada segmentación de estructuramiento metálico.

| Participación Estimada | Clasificación | Números de productos | Porcentaje de categoría sobre el total | Ventas | Porcentaje Total ventas |
|-------------------------------|----------------------|-----------------------------|---|---------------------|--------------------------------|
| 0 - 80% | A | 1 | 33.33% | \$154,868.10 | 76.48% |
| 80.1 - 95% | B | 1 | 33.33% | \$ 30,462.95 | 15.04% |
| 95.1 - 100% | C | 1 | 33.33% | \$ 17,156.09 | 8.47% |
| TOTAL | | 3 | 100.00% | \$202,487.14 | 100.00% |

Para evidenciar gráficamente los resultados obtenidos se desarrolla un diagrama ABC en el software Excel el cual se observa en la figura 17, aquí se agruparán los productos que correspondan al 80% de las ventas en esta categoría, y se establecerá el producto estrella.

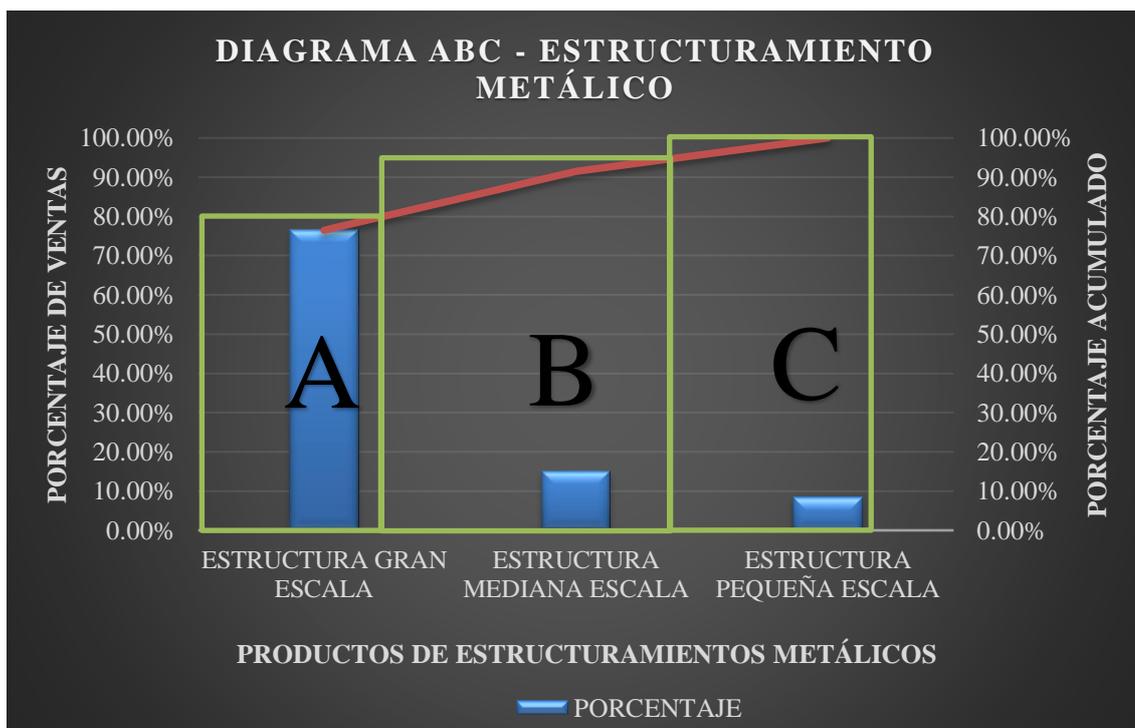


Figura 17: Diagrama ABC para estructuramiento metálicos.

En la categoría de productos fabricados en acero inoxidable los tipos “A”, “B” y “C” pueden ser observados en la tabla 13, mientras que en la tabla 14 se resume los réditos económicos de cada segmentación

Tabla 13. Segmentación de productos para productos de acero inoxidable.

| PRODUCTOS | PORCENTAJE | PORCENTAJE ACUMULADO |
|-------------------------|------------|----------------------|
| Divisiones de baño INOX | 66.75% | 66.75% |
| Pasamano INOX | 30.00% | 96.75% |
| Mesón INOX | 3.25% | 100.00% |

Tabla 14. Resumen de rédito económico en cada segmentación para productos de acero inoxidable.

| Participación Estimada | Clasificación | Números de productos | Porcentaje de categoría sobre el total | Ventas | Porcentaje Total ventas |
|------------------------|---------------|----------------------|--|---------------------|-------------------------|
| 0 - 80% | A | 1 | 33.33% | \$ 22,591.75 | 66.75% |
| 80.1 - 95% | B | 1 | 33.33% | \$ 10,152.74 | 30.00% |
| 95.1 - 100% | C | 1 | 33.33% | \$ 1,100.00 | 3.25% |
| TOTAL | | 3 | 100.00% | \$ 33,844.49 | 100.00% |

Para evidenciar gráficamente los resultados obtenidos se desarrolla un diagrama ABC en el software Excel el cual se observa en la figura 18, aquí se agruparán los productos que correspondan al 80% de las ventas en esta categoría, y se establecerá el producto estrella.

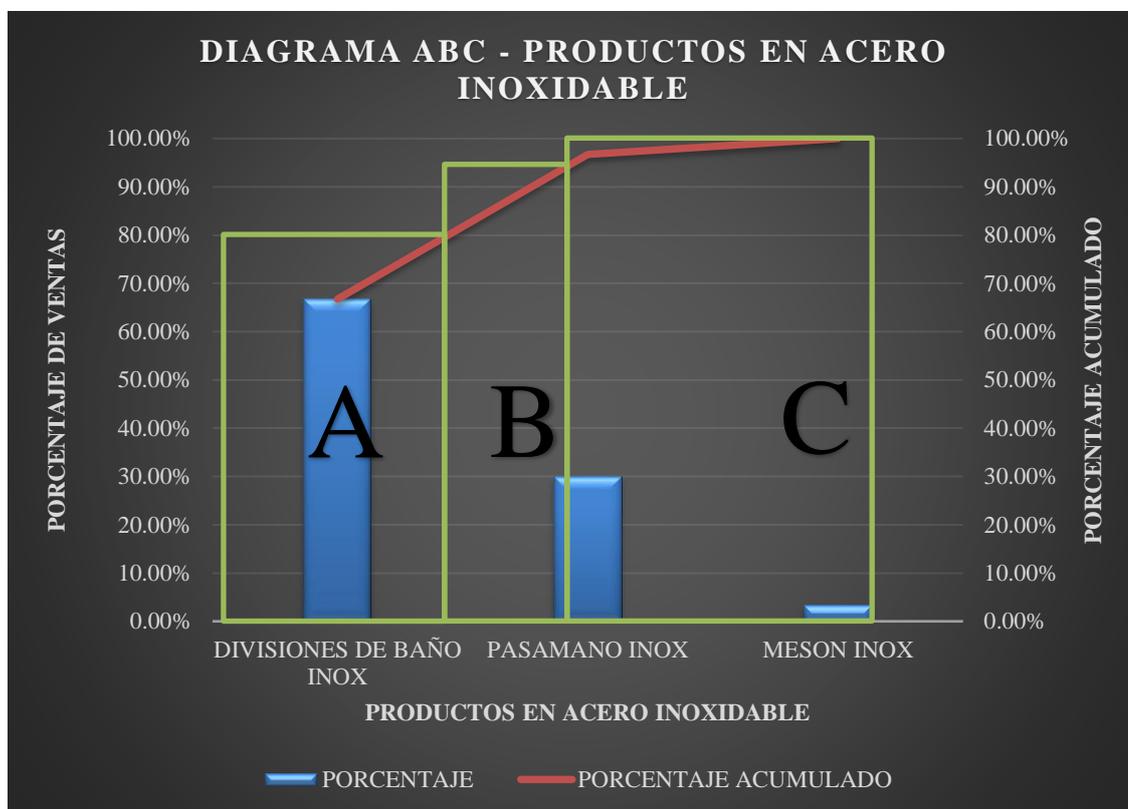


Figura 18: Diagrama ABC para productos de acero inoxidable.

En la categoría de productos de cerrajería los tipos “A”, “B” y “C” pueden ser observados en la tabla 15, mientras que en la tabla 16 se resume los réditos económicos de cada segmentación

Tabla 15. Segmentación de productos de cerrajería.

| Productos | Porcentaje | Porcentaje acumulado |
|----------------------|------------|----------------------|
| Puerta semi blindada | 61.64% | 61.64% |
| Tapas metálicas | 25.65% | 87.29% |
| Sillas metálicas | 10.21% | 97.51% |
| Puerta de tol | 2.49% | 100.00% |

Tabla 16. Resumen de rédito económico en cada segmentación para productos de cerrajería.

| Participación estimada | Clasificación | Números de productos | Porcentaje de categoría | Ventas | Porcentaje total ventas |
|------------------------|---------------|----------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|
| 0 - 80% | A | 1 | 25.00% | \$ 20,570.01 | 61.64% |
| 80.1 - 95% | B | 1 | 25.00% | \$ 8,558.45 | 25.65% |
| 95.1 - 100% | C | 2 | 50.00% | \$ 4,240.14 | 12.71% |
| TOTAL | | 4 | 100.00% | \$ 33,368.60 | 100.00% |

Para evidenciar gráficamente los resultados obtenidos se desarrolla un diagrama ABC en el software Excel el cual se observa en la figura 18, aquí se agruparán los productos que correspondan al 80% de las ventas en esta categoría, y se establecerá el producto estrella.

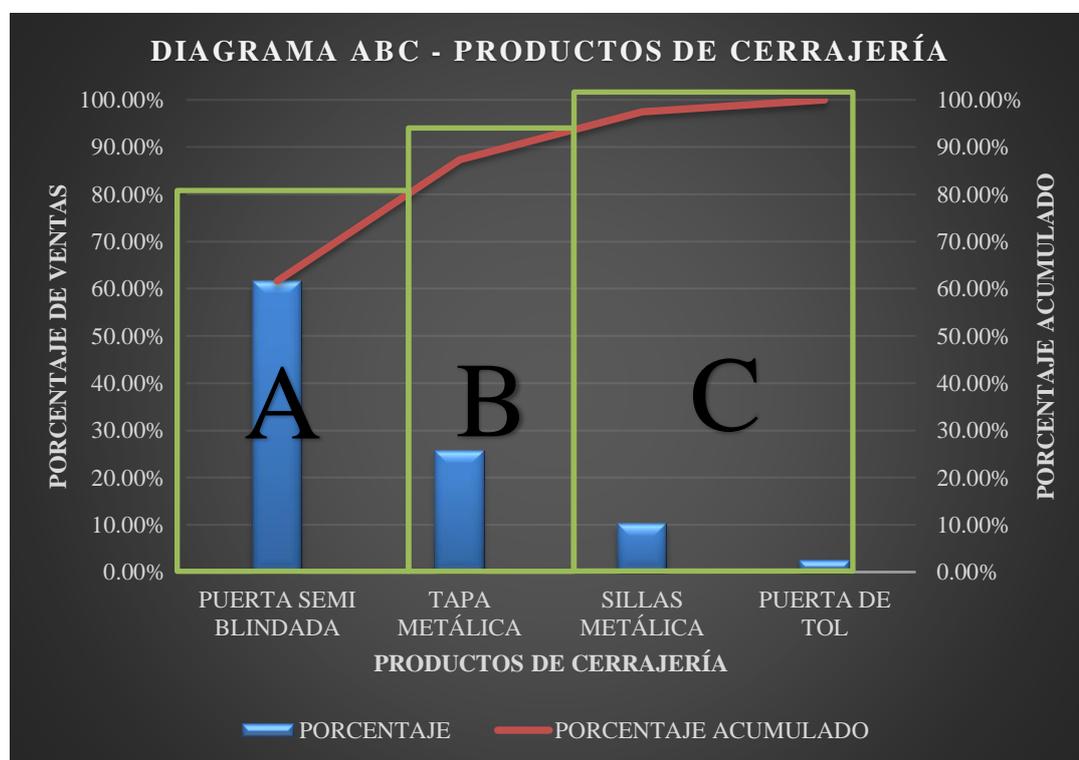


Figura 19: Diagrama ABC para productos de cerrajería.

Finalizado el análisis ABC en cada categoría de los productos del taller se determina que los productos que generan el mayor rédito económico categorizándolos como productos estrella dentro del taller son los mencionados en la tabla 17.

Tabla 17. Resumen de rédito económico en cada segmentación para productos de acero inoxidable.

| Categoría | Producto |
|-------------------------------|---|
| Estructuramiento metálico | Estructura de gran escala |
| Productos en acero inoxidable | Divisiones sanitarias en acero inoxidable |
| Productos de cerrajería | Puerta semi blindada |

Para analizar el producto que pasa por todos los procesos o la mayoría de ellos en cada categoría se analiza su producción mediante una matriz de ponderación, evidenciada en la tabla 18, en donde el producto con mayor valor se involucra directamente en el análisis del estudio.

Tabla 18. Matriz de ponderación de producto y proceso.

| CATEGORÍAS DE PRODUCTOS | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|----------------------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|---|-----------------------------|--------------------------------|------------------|---------------------|-----------------|----------------------------------|
| PROCESOS | Estructuramiento metálico | | | Productos en acero inoxidable | | | Productos de cerrajería | | | | |
| | Estructura de pequeña escala | Estructura de mediana escala | Estructura de gran escala | Pasamano en acero inoxidable | Divisiones sanitarias en acero inoxidable | Mesones de acero inoxidable | Puerta metálica | Sillas metálicas | Escaleras metálicas | Tapas metálicas | Puertas elegantes semi blindadas |
| Marcaje | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Corte | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Soldado | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Doblado | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Pintado | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| Pulido | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Perforado | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| Lavado | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Grateado | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| TOTAL | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 6 | 7 | 7 | 6 | 4 | 8 |

Mediante el análisis entre productos y procesos, se puede determinar que en la categoría estructuramiento metálico el producto que pasa por la mayoría de los procesos es la estructura de gran escala con un valor de 6 operaciones requeridas, mientras que en los productos en acero inoxidable sobresale las divisiones sanitarias en acero inoxidable con una cantidad de 7 y finalmente en los productos de cerrajería el valor más alto es 8 operaciones requeridas que corresponde a puertas elegantes semi blindadas.

Entonces los productos a ser tomados en cuenta para el análisis son las estructuras de gran escala, las divisiones sanitarias en acero inoxidable y las puertas semi blindadas, cada una correspondiente a su categoría.

3.1.3 Descripción de los procesos de producción del taller

Taller Industrial Shambi e Hijos cuenta con un área acondicionada para la ejecución de sus procesos, los cuales se mencionan a continuación:

Proceso de marcaje

Como proceso de inicio para la fabricación de cualquier producto se tiene el marcaje, el cual se puede observar en la figura 20, es en donde se ingresa la materia prima a la planta para ser inspeccionada, limpiada y marcada según las medidas especificadas de cada producto.



Figura 20: Proceso de marcaje.

Proceso de corte

Consiste en la utilización de máquinas como tronzadoras, plasmas, oxicorte, pulidoras, amoladoras y cierras manuales para el corte de perfilería y tubería, como se puede observar en la figura 21, además de utilizar la cizalla de tol para el corte de planchas metálicas de hasta 2 mm de espesor, el número de piezas a cortar depende del producto a fabricarse, en ciertos casos el número de piezas es demasiado, especialmente en la fabricación de estructuras de mediana y gran escala.



Figura 21: Proceso de corte.

Proceso de soldado

Consiste en el armado de los productos, mediante un proceso de soldadura, realizando puntos de soldadura en las uniones de los productos para dar la forma y el diseño según los planos o especificaciones que el cliente requiera evidenciados en la figura 22, posterior a ello se procede a realizar el remate de los productos mediante cordones de soldadura, los cuales son inspeccionados para su aprobación de calidad, dentro del proceso de soldado se utilizan tres tipos como soldadura por arco eléctrico, MIG y TIG, la última utilizada en la fabricación de productos en acero inoxidable, todos los cordones.



Figura 22: Proceso de soldadura.

Proceso de doblado

Proceso en donde se da formas específicas a la plancha de acero, figura 23, para recubrimientos en ciertos productos, en este proceso se utiliza la dobladora de tol, la cual permite doblar la plancha hasta 270°.



Figura 23: Proceso de doblado.

Procesos de pulido

Es un proceso de desbaste, el cual puede ser observado en la figura 24, en donde se utiliza las amoladoras y pulidoras para retirar el exceso de cordones de suelda y dar un mejor

terminado en las uniones de los productos, en caso de las estructuras el proceso es utilizado para realizar biselados en los cordones y culminar con el proceso de soldadura.



Figura 24: Proceso de pulido.

Proceso de perforado

Proceso por el cual se realizan pequeñas perforaciones mediante la utilización de taladros manuales y de pedestal, como se observa en la figura 25, en ciertos casos los productos en acero inoxidable requieren perforaciones en cierto grado de inclinación, por lo que se utiliza acoples en el taladro de pedestal para su realización.



Figura 25: Proceso de perforado.

Proceso de grateado

Se ejecuta con una amoladora pequeña o grande, y un accesorio llamado grata, consiste en limpiar los cordones de soldadura de cualquier escoria y polvo como se lo observa en la figura 26, se lo realiza cuando se efectúa un cordón de soldadura con electrodo de alto grado de fundición.



Figura 26: Proceso de grateado.

Proceso de lavado

Proceso que se usa exclusivamente para los productos de acero inoxidable, consiste en lavar el ácido colocado como se puede observar en la figura 27, esto se lo realiza para prevenir manchas que produce la sustancia química sobre el metal y posteriormente secarlo.



Figura 27: Proceso de lavado.

Proceso de pintado

Es el proceso final de todos los productos, en donde se los recubre de capas de pintura, denominadas “fondo”, para evitar la oxidación de los materiales, posterior a ello se aplica una capa de pintura, como se observa en la figura 28, color que el cliente escoja, se añaden todos los accesorios de ser el caso para dar el acabado final e ir a su instalación.



Figura 28: Proceso de pintado.

Cursograma analítico

Para conocer el proceso de cada producto estrella se procede a la creación de un cursograma analítico para el producto estructura de gran escala que se encuentra en la tabla 19, el cual posee 41 actividades, de las cuales 23 son operaciones, 1 actividad combinada, 3 inspecciones y 14 transportes, que parte desde la recepción e inspección de materia prima hasta la inspección de vigas, columnas y cerchas armadas. El tiempo requerido para el procesamiento de las partes de una estructura de gran escala, 5 cerchas, 10 columnas y 8 vigas, es de 3228.49 minutos, correspondientes a 53.81 horas de trabajo con una distancia recorrida de 201.09 metros lineales dentro de planta destinando un tiempo de traslado de 23.79 minutos, los operarios utilizados para este tipo de trabajos varía de 2 a 6 obreros, entre ellos 3 maestros soldadores con experiencia y el resto trabajadores sin mucha experiencia en estructuramiento, todos los tiempos tomados para dicho cursograma se estableció del producto estrella más demorado acorde al registro historio del taller.

Para el producto de divisiones sanitarias en acero inoxidable se genera su cursograma en la tabla 20, el cual posee 35 actividades, de las cuales 25 son operaciones, 1 actividad combinada, 2 inspecciones, 6 transportes y 1 demora, que parte desde la recepción e inspección de materia prima hasta el envalijado del producto. El tiempo requerido para el procesamiento es de 1823.23 minutos, correspondientes a 30.39 horas de trabajo con una distancia recorrida de 98.7 metros lineales dentro de planta destinando un tiempo de traslado de 17.24 minutos, los operarios utilizados para este tipo de trabajos son dos, un maestro soldador en soldadura TIG y un ayudante de soldadura.

Para los productos de puertas elegantes semi blindadas se establece su cursograma que se encuentra en la tabla 21, el cual posee 48 actividades, de las cuales 34 son operaciones, 2 inspecciones, 10 transportes y 2 demoras, parte desde la recepción e inspección de materia prima hasta inspección final del producto. El tiempo requerido para el procesamiento es de 1143.83 minutos, correspondientes a 19.06 horas de trabajo con una distancia recorrida de 94.55 metros lineales dentro de planta destinando un tiempo de traslado de 16.09 minutos, los operarios utilizados para este tipo de trabajos son dos, un maestro soldador en soldadura MIG o eléctrica, y un ayudante de soldadura.

Por otra parte, en la figura 29 se muestra el diagrama de Ishikawa de los procesos actuales del taller donde se indican los problemas encontrados en cada proceso durante la fabricación de los productos, donde se destaca la falencia en la metodología utilizada para las actividades, por una falta de control de los procesos y correcta planificación se genera un desorden abrumador al momento de la producción de varios productos simultáneamente, es por esto que se generan problemas subsecuentes a estos como la falta de orden en las herramientas, obstaculización por parte de maquinaria, demoras en la producción, accidentes laborales, etc.

Tabla 19. Cursograma analítico para el producto estructura de gran escala.

| Taller Industrial Shambi e Hijos | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--------|---|----------------|---------------|---------|-----------|---|----|---|---|--|--|
| Hoja N°: | | 1 De 3 | | Resumen | | | | | | | | |
| Proceso: | | Estructuras Metálicas | | Actividad | Actual | Propuesta | | | | | | |
| Entrada: | | Perfilería estructural | | Operación | 23 | | | | | | | |
| Salida: | | Cerchas y columnas para estructura | | Combinado | 1 | | | | | | | |
| Área: | | Unica | | Inspección | 3 | | | | | | | |
| Método: | | Actual | | Transporte | 14 | | | | | | | |
| Lugar: | | Planta acondicionada | | Espera | 0 | | | | | | | |
| Elaborado: | | Investigador | | Almacén | 0 | | | | | | | |
| Aprobado: | | Sr. Franklin Shambi | | Distancia: | 201.09 | | | | | | | |
| Fecha: | | 1/9/2021 | | Tiempo: | 3228.49 | | | | | | | |
| Proceso | Número | Descripción | Tiempo | Distancia | Símbolo | | | | | | | |
| | | | [min] | [m] | ● | ■ | ■ | ▶ | ◐ | ▼ | | |
| | 1 | Recepción e inspección de materia prima | 25.3 | | | | | | | | | |
| | 2 | Traslado de materiales en mesa de trabajo | 15.3 | 16.8 | | | | | | | | |
| Marcaje | 3 | Traslado a recoger herramientas necesarias para el trabajo | 0.68 | 22.8 | | | | | | | | |
| | 4 | Limpieza de aceites de materiales | 10.2 | | | | | | | | | |
| | 5 | Marcaje de materiales a medida | 25.3 | | | | | | | | | |
| Perforado | 6 | Traslado a taladro de pedestal | 0.34 | 11.2 | | | | | | | | |
| | 7 | Perforaciones de placas según medida | 125.3 | | | | | | | | | |
| Corte | 8 | Traslado a tronzadora | 0.15 | 4.1 | | | | | | | | |
| | 9 | Corte de materiales según medida indicada | 241.2 | | | | | | | | | |
| Soldado | 10 | Traslado a mesa de trabajo | 1.2 | 18.4 | | | | | | | | |
| | 11 | Transporte de soldadora a mesa de trabajo | 0.12 | 3.2 | | | | | | | | |
| | 12 | Armado de placas según especificación | 68.5 | | | | | | | | | |
| Pintado | 13 | Traslado a bodega de pinturas | 0.2 | 4.4 | | | | | | | | |
| | 14 | Preparación de pintura | 5.6 | | | | | | | | | |
| | 15 | Traslado a compresor | 0.12 | 7.8 | | | | | | | | |
| | 16 | Traslado de manguera de compresor a mesa de trabajo | 2.7 | 4.7 | | | | | | | | |
| | 17 | Pintado de fondo en placas base | 25.3 | | | | | | | | | |
| | 18 | Traslado a zona de correas con manguera de compresor | 0.45 | 13 | | | | | | | | |
| | 19 | Pintado de fondo en parte interna de correas estructurales | 121.2 | | | | | | | | | |
| Soldado | 20 | Transporte de soldadora a mesa de trabajo | 0.81 | 24.5 | | | | | | | | |
| | 21 | Encajonamiento de materiales según especificación con puntos de soldadura | 180.2 | | | | | | | | | |
| | 22 | Empate de correas mayores a 6 metros (Vigas o Columnas) | 110.3 | | | | | | | | | |
| | 23 | Remate con cordones de electrodo 7018 o MIG en vigas encajonadas y empataadas | 480.3 | | | | | | | | | |
| | 24 | Verificación de calidad en cordones | 68.3 | | | | | | | | | |
| Grateo | 25 | Grateo de cordones de suelda en vigas encajonadas y empataadas | 120.7 | | | | | | | | | |
| Marcaje | 26 | Marcaje de angulaciones en columnas y vigas | 60.3 | | | | | | | | | |
| corte | 27 | Cortes de angulación en vigas y columnas | 185.3 | | | | | | | | | |
| soldado | 28 | Armajo de cerchas para estructura (Unión de dos vigas) | 310.1 | | | | | | | | | |
| | 29 | Verificación de medidas en cerchas | 25.3 | | | | | | | | | |
| | 30 | Remate con cordones de suelda en cerchas según especificación | 480 | | | | | | | | | |
| Grateo | 31 | Grateo de cordones de suelda en cerchas | 150.2 | | | | | | | | | |
| | 32 | Limpieza de polvo para vigas, columnas y cerchas | 30.1 | | | | | | | | | |
| Pintado | 33 | Traslado a bodega de pinturas | 0.5 | 17.5 | | | | | | | | |
| | 34 | Preparación de pintura | 15.2 | | | | | | | | | |
| | 35 | Traslado de manguera de compresor a cercha, columnas y vigas | 0.52 | 17.6 | | | | | | | | |
| | 36 | Fondeo de parte externa de vigas, columnas y cerchas | 180.2 | | | | | | | | | |
| | 37 | Traslado a bodega de pinturas | 0.17 | 17.54 | | | | | | | | |
| | 38 | Preparación de pintura final de estructura | 14.8 | | | | | | | | | |
| | 39 | Traslado a zona de correas con manguera de compresor | 0.53 | 17.55 | | | | | | | | |
| | 40 | Pintado según especificación de vigas, columnas y cerchas | 120.2 | | | | | | | | | |
| | 41 | Inspección de vigas, columnas y cerchas | 25.3 | | | | | | | | | |
| Total: | | | 3228.49 | 201.09 | 23 | 1 | 3 | 14 | 0 | 0 | | |

Tabla 20. Cursograma analítico para el producto divisiones sanitarias en acero inoxidable.

| Taller Industrial Shambi e Hijos | | | | | | |
|----------------------------------|-------------------------------|--|------------|---------|-----------|----------|
| Hoja N°: | 2 De 3 | | Resumen | | | |
| Proceso: | Productos en acero inoxidable | | Actividad | Actual | Propuesta | Economía |
| Entrada: | Tubería y planchas INOX | | Operación | 25 | | |
| Salida: | Divisiones de baño INOX | | Combinado | 1 | | |
| Área: | Única | | Inspección | 2 | | |
| Método: | Actual | | Transporte | 6 | | |
| Lugar: | Planta acondicionada | | Espera | 1 | | |
| Elaborado: | Investigador | | Almacén | 0 | | |
| Aprobado: | Sr. Franklin Shambi | | Distancia: | 98.7 | | |
| Fecha: | 17/8/2021 | | Tiempo: | 1823.23 | | |

| Procesos | Número | Descripción | Tiempo | Distancia | Símbolo | | | | | | | Observaciones | | |
|---------------|--------|---|----------------|-------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|---|---------------|--|---|
| | | | [min] | [m] | ● | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | |
| | 1 | Recepción e inspección de materia prima (planchas de tol) | 15.3 | | | | | | | | | | | |
| | 2 | Traslado de materia prima a almacenamiento | 11.2 | 10.5 | | | | | | | | | | |
| Marcaje | 3 | Subir planchas de tol a meza de corte y marcaje | 5.2 | | | | | | | | | | | solicita ayuda a operador |
| | 4 | Marcado de planchas según especificaciones | 235.4 | | | | | | | | | | | |
| Corte | 5 | Colocación de accesorio en cizalla | 0.25 | | | | | | | | | | | |
| | 6 | Colocación de plancha en cizalla | 30.2 | | | | | | | | | | | |
| | 7 | Corte de planchas de tol | 242.5 | | | | | | | | | | | Una plancha a la vez. |
| Doblado | 8 | Traslado de piezas a dobladora | 2.24 | 28 | | | | | | | | | | A pie y varias piezas |
| | 9 | Colocación de pieza en dobladora | 35.1 | | | | | | | | | | | |
| | 10 | Doblado de material | 185.3 | | | | | | | | | | | |
| Soldado | 11 | Traslado a mesa de trabajo | 2.31 | 28.7 | | | | | | | | | | A pie y varias piezas |
| | 12 | Transporte de maquina soldadora TIG a mesa de trabajo | 0.05 | 1.5 | | | | | | | | | | |
| | 13 | Colocación de EPP's | 1.2 | | | | | | | | | | | |
| | 14 | Armado de productos con puntos de soldadura TIG | 180.5 | | | | | | | | | | | |
| | 15 | Verificación de medidas y escuadras de divisiones de baño | 20.3 | | | | | | | | | | | |
| | 16 | Remate con cordones de soldadura TIG | 125.3 | | | | | | | | | | | |
| Pulido | 17 | Colocación de accesorios en amoladora | 0.48 | | | | | | | | | | | |
| | 18 | Colocación de EPP's | 0.24 | | | | | | | | | | | |
| | 19 | Pulido de cordones para alisarlo | 121.5 | | | | | | | | | | | |
| Lavado | 20 | Preparación de acido | 0.15 | | | | | | | | | | | |
| | 21 | Colocación de EPP's | 0.11 | | | | | | | | | | | |
| | 22 | Colocación de ácido en cordones de soldadura | 15.2 | | | | | | | | | | | |
| | 23 | Traslado de producto a área de lavado | 0.71 | 15 | | | | | | | | | | Solicita ayuda a operador |
| | 24 | Espera de concentración de ácido | 25 | | | | | | | | | | | Prepara trapos y esponjas para lavado, colocaciones EPP's |
| | 25 | Lavado de acido | 58.7 | | | | | | | | | | | |
| Pulido | 26 | Secado del producto | 25.6 | | | | | | | | | | | |
| | 27 | Traslado a mesa de trabajo | 0.73 | 15 | | | | | | | | | | Solicita ayuda a operador |
| | 28 | Colocación de accesorios en taladro manual | 0.21 | | | | | | | | | | | |
| | 29 | Pulido de cordón con taladro manual para abrillantamiento | 124.3 | | | | | | | | | | | Coloca un rodillo de lija en el taladro |
| Perforado | 30 | Colocación de brocas en taladro | 0.25 | | | | | | | | | | | |
| | 31 | Perforaciones para accesorios | 135.3 | | | | | | | | | | | |
| | 32 | Limpieza de rebabas | 25.6 | | | | | | | | | | | Se lo realiza con limas para acero |
| | 33 | Colocación de accesorios | 135.6 | | | | | | | | | | | |
| | 34 | Inspección del producto terminado | 15.6 | | | | | | | | | | | Revisa golpes o despostillados |
| | 35 | Envalijado | 45.6 | | | | | | | | | | | |
| Total: | | | 1823.23 | 98.7 | 25 | 1 | 2 | 6 | 1 | 0 | | | | |

Tabla 21. Cursograma analítico para puertas elegantes semi blindadas.

| Taller Industrial Shambi e Hijos | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|--|----------------|--------------|-----------|----------|----------|-----------|----------|---------------|--------------------------------|
| Hoja N°: | 3 De 3 | | Resumen | | | | | | | | |
| Proceso: | Productos de cerrajería | | Actividad | Actual | Propuesta | Economía | | | | | |
| Entrada: | Perfilería y planchas metálicas | | Operación | ● | 36 | | | | | | |
| Salida: | Puertas elegantes semi-blindadas | | Combinado | ■ | 0 | | | | | | |
| Área: | | | Inspección | ■ | 2 | | | | | | |
| Método: | Actual | | Transporte | ➔ | 10 | | | | | | |
| Lugar: | Planta acondicionada | | Espera | ⏸ | 0 | | | | | | |
| Elaborado: | Investigador | | Almacén | ▼ | 0 | | | | | | |
| Aprobado: | | | Distancia: | 94.55 | | | | | | | |
| Fecha: | 13/9/2021 | | Tiempo: | 1143.83 | | | | | | | |
| Proceso | Número | Descripción | Tiempo | Distancia | Símbolo | | | | | Observaciones | |
| | | | [min] | [m] | ● | ■ | ■ | ➔ | ⏸ | | ▼ |
| Marcaje | 1 | Recepción de materia prima | 9 | | ● | | | | | | |
| | 2 | Traslado de materia prima a almacenamiento | 5.6 | 8.4 | ● | | | | | | Uno a uno |
| | 3 | Recoger materia prima de estantería | 10 | | ● | | | | | | |
| | 4 | Transporte a mesa para marca | 0.11 | 3.5 | ● | | | | | | Uno a uno |
| | 5 | Marcado de materia prima según medidas especificadas | 55 | | ● | | | | | | |
| Corte | 6 | Transporte de tubería a tronzadora | 2.5 | 7.5 | ● | | | | | | Conecta extensión y maquina |
| | 7 | Colocación de EPP's | 0.09 | | ● | | | | | | |
| | 8 | Corte de material a medida | 32 | | ● | | | | | | |
| | 9 | Transporte de piezas a la mesa de trabajo | 3.5 | 7.5 | ● | | | | | | Varias piezas |
| | 10 | Colocación de accesorios en amoladora | 0.15 | | ● | | | | | | |
| | 11 | Corte de escuadras para armado | 21.5 | | ● | | | | | | Pieza por pieza |
| | 12 | Retiro de rebabas de los cortes | 7.5 | | ● | | | | | | |
| Soldado | 13 | Transporte de maquina soldadora a mesa de trabajo | 0.07 | 2.15 | ● | | | | | | Usa coche y se coloca EPP's |
| | 14 | Colocación de EPP's | 0.1 | | ● | | | | | | |
| | 15 | Armado de productos con puntos de soldadura | 185.5 | | ● | | | | | | |
| | 16 | Verificación de medidas del producto | 3.1 | | ● | | | | | | |
| | 17 | Remate con cordones de suelda en uniones | 151.3 | | ● | | | | | | |
| Pulido | 18 | Colocación de accesorios en amoladora | 0.16 | | ● | | | | | | |
| | 19 | Desbastado de cordones | 29.7 | | ● | | | | | | Se coloca EPP's |
| | 20 | Limpieza de granulaciones de soldadura en productos | 15.3 | | ● | | | | | | Utilización de cincel |
| Grateado | 21 | Colocación de accesorios en amoladora | 0.12 | | ● | | | | | | |
| | 22 | Grateo de cordones visibles | 15.2 | | ● | | | | | | |
| Marcaje | 23 | Traslado a almacenamiento de planchas de tol | 0.05 | 1.5 | ● | | | | | | |
| | 24 | Subir planchas de tol a mesa de trabajo y corte | 1.3 | | ● | | | | | | Solicita ayuda a otro operario |
| | 25 | Marcado de planchas de tol según especificaciones | 38.7 | | ● | | | | | | |
| Corte | 26 | Colocación de accesorio en cizalla | 0.26 | | ● | | | | | | |
| | 27 | Colocación de plancha en cizalla | 25.1 | | ● | | | | | | |
| | 28 | Corte del tool | 78.4 | | ● | | | | | | |
| Doblado | 29 | Transporte a la dobladora de tool | 1.9 | 28 | ● | | | | | | A pie y varias piezas |
| | 30 | Colocación de pieza en dobladora | 21.3 | | ● | | | | | | |
| | 31 | Doblado | 54.9 | | ● | | | | | | |
| Perforado | 32 | Traslado a la mesa de trabajo | 2.1 | 28 | ● | | | | | | A pie y varias piezas |
| | 33 | Colocación de brocas en taladro | 0.26 | | ● | | | | | | |
| | 34 | Perforación | 16.4 | | ● | | | | | | |
| | 35 | Colocación de piezas de tol en producto | 46.2 | | ● | | | | | | |
| | 36 | Preparación de macilla | 1.15 | | ● | | | | | | |
| Pintado | 37 | Masillado | 50.2 | | ● | | | | | | Prepara masilla |
| | 38 | Espera hasta que se seque el masillado | 10 | | ● | | | | | | Se coloca EPP's para lijado |
| | 39 | Preparación de lijadora eléctrica | 0.2 | | ● | | | | | | |
| | 40 | Lijado de superficies | 62.1 | | ● | | | | | | |
| | 41 | Limpieza de polvo | 2.1 | | ● | | | | | | |
| | 42 | Traslado hacia el compresor | 0.12 | 4 | ● | | | | | | Solicita ayuda a otro operario |
| | 43 | Preparación de pintura | 3.15 | | ● | | | | | | |
| | 44 | Pintado | 125.1 | | ● | | | | | | |
| | 45 | Secado de pintura | 10 | | ● | | | | | | |
| | 46 | Traslado a la mesa de trabajo | 0.14 | 4 | ● | | | | | | Solicita ayuda a otro operario |
| | 47 | Colocación de accesorios | 40.2 | | ● | | | | | | |
| | 48 | Inspección | 5 | | ● | | | | | | |
| Total: | | | 1143.83 | 94.55 | 36 | 0 | 2 | 10 | 0 | 0 | |

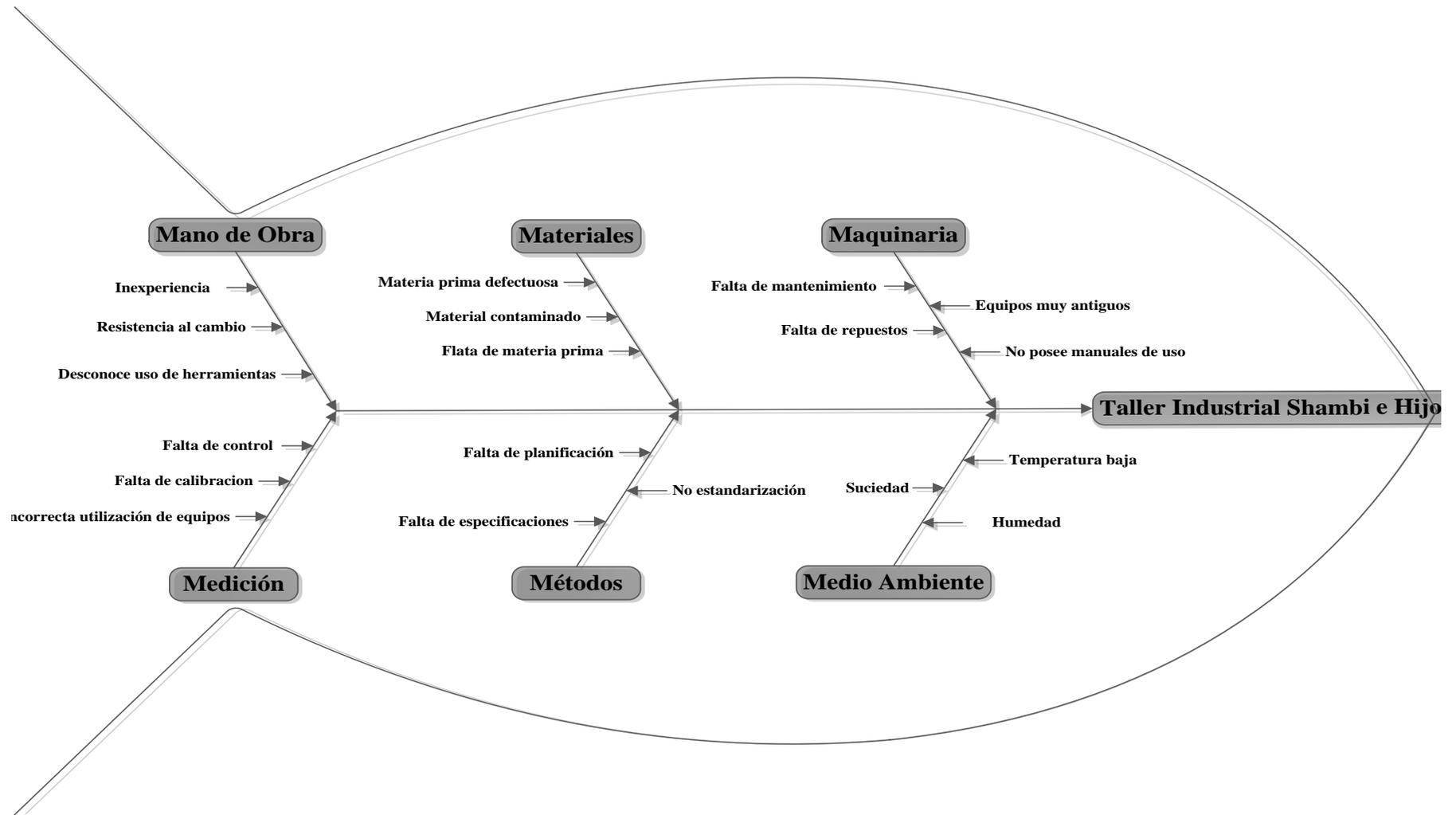


Figura 29. Diagrama de Ishikawa del taller industrial.

3.1.4 Estudio de tiempos

La técnica nos permite medir el trabajo, mediante fichas de recolección de información se registran tiempos y ritmos de actividades correspondientes a la fabricación de un producto bajo condiciones controladas, con la finalidad de establecer un tiempo adecuado y normado para la fabricación de ese producto.

El estudio de tiempos se lo realiza en cada proceso que intervengan para la fabricación de los 3 tipos de productos que elabora el taller detallado en la tabla 22.

Tabla 22. Procesos de cada tipo de productos.

| PROCESOS DE CADA TIPO DE PRODUCTO | | | | | |
|--|----------------|--|----------------|---|----------------|
| Estructuras de gran escala | | Divisiones sanitarias en acero inoxidable | | Puertas elegantes semi - blindadas | |
| N° | Proceso | N° | Proceso | N° | Proceso |
| 1 | Marcaje | 1 | Marcaje | 1 | Marcaje |
| 2 | Perforado | 2 | Corte | 2 | Corte |
| 3 | Corte | 3 | Doblado | 3 | Soldado |
| 4 | Soldado | 4 | Soldado | 4 | Pulido |
| 5 | Pintado | 5 | Pulido | 5 | Grateado |
| 6 | Grateo | 6 | Lavado | 6 | Doblado |
| | | 7 | Pulido | 7 | Perforado |
| | | 8 | Perforado | 8 | Pintado |

Selección del operario

El número de operarios varía de 1 a 3 para cada actividad, para el estudio se selecciona a dos de ellos, los cuales posea mayor experiencia, en caso de tener actividades que requieran más de dos operarios se seleccionara al siguiente con mayor experiencia dentro del grupo de trabajo.

Número de observaciones

El número de observaciones es determinado mediante el criterio de la tabla General Electric presente en la tabla 2 del capítulo 1, en la tabla 23 se establece el número de

observaciones que se requieren para cada producto estrella de los tipos de productos existentes dentro del taller.

Tabla 23. Número de observaciones.

| PRODUCTO | TIEMPO DE CICLO [MIN/U] | NÚMERO DE OBSERVACIONES |
|---|--------------------------------|--------------------------------|
| Estructuras de gran escala | 3228.49 | 3 |
| Divisiones sanitarias en acero inoxidable | 1823.23 | 3 |
| Puertas elegantes semi - blindadas | 1143.83 | 3 |

Cálculo del desempeño

El taller siempre brinda capacitaciones a los nuevos trabajadores que ingresan, además en los últimos años no ha contratado nuevo personal de operaciones por lo cual el valor asignado es de 100 establecido en el ANEXO 1.

Descripción de actividades por producto y proceso

Para el estudio de tiempos se descompone el proceso en actividades, las cuales son establecidas en la tabla 24 para el producto 1 divisiones de baño en acero inoxidable, mientras que para los demás productos estrella se encuentran en el ANEXO 2.

Tabla 24. Actividades por proceso para divisiones de baño INOX.

| DIVISIONES DE BAÑO EN ACERO INOXIDABLE | | |
|---|---------------|---|
| Proceso | Código | Actividad |
| Marcaje | A00 | Subir planchas de tol a mesa de corte y marcaje |
| | A01 | Marcado de planchas según especificaciones |
| Corte | A02 | Colocación de accesorio en cizalla |
| | A03 | Colocación de plancha en cizalla |
| | A04 | Corte de planchas de tol |
| Doblado | A05 | Traslado de piezas a dobladora |
| | A06 | Colocación de pieza en dobladora |
| | A07 | Doblado de material |
| Soldado | A08 | Traslado a mesa de trabajo |
| | A09 | Transporte de máquina soldadora TIG a mesa de trabajo |

Tabla 24. Actividades por proceso para divisiones de baño INOX, continuación.

| DIVISIONES DE BAÑO EN ACERO INOXIDABLE | | |
|---|---------------|---|
| Proceso | Código | Actividad |
| Soldado | A10 | Colocación de EPP's |
| | A11 | Armado de productos con puntos de soldadura TIG |
| | A12 | Verificación de medidas y escuadras de divisiones de baño |
| | A13 | Remate con cordones de soldadura TIG |
| Pulido | A14 | Colocación de accesorios en amoladora |
| | A15 | Colocación de EPP's |
| | A16 | Pulido de cordones para alisarlo |
| Lavado | A17 | Preparación de ácido |
| | A18 | Colocación de EPP's |
| | A19 | Colocación de ácido en cordones de soldadura |
| | A20 | Traslado de producto a área de lavado |
| | A21 | Espera de concentración de ácido |
| | A22 | Lavado de ácido |
| | A23 | Secado del producto |
| Pulido | A24 | Traslado a mesa de trabajo |
| | A25 | Colocación de accesorios en taladro manual |
| | A26 | Pulido de cordón con taladro manual para abrillantamiento |
| Perforado | A27 | Colocación de brocas en taladro |
| | A28 | Perforaciones para accesorios |
| | A29 | Limpieza de rebabas |
| | A30 | Colocación de accesorios |

El número de observaciones determinado son 3 y conociendo el ritmo de trabajo el cual es establecido como 100% se puede determinar el tiempo normal utilizando la ecuación 1, en la tabla 25 se determina el resumen del proceso de marcado.

Tabla 25. Estudio de tiempo proceso de marcado, divisiones de baño en acero inoxidable.

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | |
|---------------------------|-----------|-----------------------|-------------|
| Fecha: | 1/11/2021 | Estudio N°: | 1 |
| Área: | | Elaborado por: | Juan Shambi |
| Proceso: | Marcaje | Método: | |

Tabla 25. Estudio de tiempo proceso de marcado, divisiones de baño en acero inoxidable, continuación.

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | |
|---|----------------------------|----------|----------|----------------------|-----------|-----------|-----------|---------------|---------------|
| Elemento | Observaciones [min] | | | Resumen [min] | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | Tt | Tp | Vd | TN | S | Ts |
| A00 | 5.2 | 5.32 | 5.11 | 15.63 | 5.21 | 1 | 5.21 | 20% | 6.25 |
| A01 | 235.4 | 240.1 | 229.51 | 705.01 | 235.0 | 1 | 235 | 24% | 291.40 |
| | | | | | | | | TOTAL: | 297.66 |
| <p><i>Tt: Tiempo total; Tp: Tiempo promedio; Vd: Valor desempeño; TN: Tiempo normal;</i> <i>S: Suplemento; Ts: Tiempo estándar</i></p> | | | | | | | | | |

Suplementos

Para cada actividad se establece los suplementos mediante la tabla 1 del capítulo 1, para el proceso de marcado del producto divisiones de baño en acero inoxidable son las siguientes presentes en la tabla 26.

Tabla 26. Suplementos proceso de marcado, divisiones de baño en acero inoxidable.

| Elemento | Holgura | Porcentaje | Total |
|-----------------|-------------------------------------|-------------------|--------------|
| A00 | Holgura personal | 5% | 20% |
| | Holgura por fatiga básica | 4% | |
| | Uso de fuerza o energía | 9% | |
| | Tedioso | 2% | |
| A01 | Holgura personal | 5% | 24% |
| | Holgura por fatiga básica | 4% | |
| | Holgura por estar de pie | 2% | |
| | Incómodo (inclinado) | 2% | |
| | Complejo o rango amplio de atención | 4% | |
| | Fino o exacto | 2% | |
| | Muy tedioso | 5% | |

El suplemento total para el elemento A00 y A01 son 20% y 24% respectivamente, donde la holgura más relevante es uso de energía de fuerza con 9% esto se debe a que el material a manipular pesa 25 kg aproximadamente.

Tiempo estándar

El tiempo estándar se obtiene mediante la ecuación 3 presente en el capítulo 1, se presenta el cálculo del tiempo estándar para los elementos A00 y A01 del proceso de marcado del producto divisiones de baño en acero inoxidable.

Elemento A00:

$$T_s = TN(1 + S)$$

$$T_s = 5.21(1 + 0.2)$$

$$T_s = 6.25$$

Elemento A01:

$$T_s = TN(1 + S)$$

$$T_s = 235(1 + 0.24)$$

$$T_s = 291.4$$

Para determinar el tiempo total que se requiere en cada proceso es necesario realizar una sumatoria de todos los tiempos estándares de cada elemento que pertenecen al proceso, en la tabla 27 se presenta el tiempo estándar de cada proceso en cada producto estrella del taller y en la figura 30 se grafican los tiempos de los mismos, en el ANEXO 2 se presenta el estudio de los demás procesos.

Tabla 27. Tiempos estándar.

| TIEMPOS ESTÁNDAR | | | |
|--|----------------|--|--------------------------------------|
| Divisiones sanitarias en acero inoxidable | | Tiempo estándar por proceso [min/u] | Tiempo estándar total [min/u] |
| N° | Proceso | | |
| 1 | Marcaje | 297.66 | 2132.40 |
| 2 | Corte | 332.13 | |
| 3 | Doblado | 277.09 | |
| 4 | Soldado | 405.74 | |
| 5 | Pulido | 297.95 | |

Tabla 27. Tiempos estándar, continuación.

| TIEMPOS ESTÁNDAR | | | |
|--|----------------|--|--------------------------------------|
| Divisiones sanitarias en acero inoxidable | | Tiempo estándar por proceso [min/u] | Tiempo estándar total [min/u] |
| 6 | Lavado | 146.21 | |
| 7 | Perforado | 375.63 | |
| Puertas elegantes semi blindadas | | Tiempo estándar por proceso [min/u] | Tiempo estándar total [min/u] |
| N° | Proceso | | |
| 1 | Marcaje | 84.36 | 1351.61 |
| 2 | Corte | 80.55 | |
| 3 | Soldado | 414.46 | |
| 4 | Pulido | 53.37 | |
| 5 | Grateado | 18.35 | |
| 6 | Marcaje | 51.35 | |
| 7 | Corte | 125.26 | |
| 8 | Doblado | 95.29 | |
| 9 | Perforado | 76.73 | |
| 10 | Pintado | 351.89 | |
| Estructuras de gran escala | | Tiempo estándar por proceso [min/u] | Tiempo estándar total [min/u] |
| N° | Proceso | | |
| 1 | Marcaje | 75.40 | 4251.76 |
| 2 | Perforado | 160.32 | |
| 3 | Corte | 308.05 | |
| 4 | Soldado | 84.67 | |
| 5 | Pintado | 184.14 | |
| 6 | Soldado | 1108.28 | |
| 7 | Grateo | 167.03 | |
| 8 | Marcaje | 81.43 | |
| 9 | Corte | 258.91 | |
| 10 | Soldado | 1127.26 | |
| 11 | Grateo | 242.55 | |
| 12 | Pintado | 453.73 | |



Figura 30: distribución del área de cada celda en la superficie del taller.

3.1.5 Determinación de distribución de planta.

Mediante la información recolectada se evidencia que el taller se especializa en tres categorías de productos, denominadas “Familias de Productos” las cuales pueden ser agrupadas según su similitud que poseen en sus procesos de producción.

La selección de una distribución apropiada es el resultado de relacionar varios factores que busquen mejorar, economizar y aprovechar todos los recursos que el taller posee, para ello se crea una matriz de ponderación que se encuentra en la tabla 28, relacionando los tipos de distribución existentes con los principios que deben cumplirse para garantizar la correcta distribución de instalaciones, la ponderación es de 2 en caso de cumplimiento alto con el principio de distribución de planta, 1 en caso de cumplimiento medio y cero en caso de no cumplimiento, todo esto se lleva a cabo tomando en cuenta los conceptos básicos de los tipos y principios de distribución de instalaciones descritos en el capítulo 1.

Tabla 28. Selección del tipo de distribución.

| Principios de distribución de planta | Tipos de distribución de instalaciones | | | |
|--------------------------------------|--|-------------------|----------------------|---------------------------|
| | Centros de trabajo | Línea de ensamble | Celda de manufactura | Distribución por proyecto |
| Integración en conjunto | 2 | 2 | 2 | 1 |
| Mínima distancia recorrida | 1 | 2 | 2 | 0 |
| Espacio cúbico | 2 | 1 | 2 | 2 |
| Satisfacción y seguridad | 2 | 2 | 2 | 1 |
| Flexibilidad | 2 | 1 | 2 | 0 |
| TOTAL | 9 | 8 | 10 | 4 |

Mediante la matriz de selección del tipo de distribución, el método que se adapta mejor al taller es la celda de manufactura, al cumplir con todos los principios de distribución, con un valor de 10 es la escogida para el desarrollo del proyecto.

3.1.6 Método de celda de manufactura

Para la aplicación del método de celda de manufactura se recopila la información de toda las máquinas y herramientas que el taller tiene a disposición, ANEXO 3.

Algoritmo de ordenamiento por categoría (OAC)

En este método se crea una matriz binaria que relaciona las máquinas utilizadas en los procesos de cada producto, esta relación se la representa con una ponderación de unidad, uno en caso de cumplirla.

Como en el ANEXO 3 se evidencia que el taller posee varias máquinas de un mismo tipo no existe inconveniente con seleccionar una misma máquina a varios productos, siempre y cuando esta no sobrepase la cantidad de máquinas que el taller posee.

Para iniciar la metodología OAC se relaciona las máquinas con los productos en las que son utilizadas como se puede observar en la tabla 29, generando una matriz binaria completa de todos los productos que el taller produce y todas las máquinas disponibles.

Tabla 29. Matriz máquina – producto, algoritmo OAC.

| | | PRODUCTOS DE DIMENSIÓN VARIABLE | | | | | | | | | | |
|----------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------|------------------|---------------------|----------------------------------|----------------------------|--------------|----------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | | Tapas metálicas | Puertas Metálicas | Sillas Metálicas | Escaleras metálicas | Puertas Elegantes Semi Blindadas | Divisiones INOX para baños | Mesones INOX | Pasamanos INOX | Estructuras Gran Escala | Estructura Mediana Escala | Estructura Pequeña Escala |
| MÁQUINAS DISPONIBLES | Amoladora pequeña | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | 1 |
| | Amoladora pequeña INOX | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | |
| | Tronzadora | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 |
| | Cizalla para tol | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| | Dobladora de tol | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| | Taladro manual | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 |
| | Suelda TIG | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | |
| | Amoladora Grande | | | | | | | | | 1 | 1 | |
| | Taladro de pedestal | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Suelda Eléctrica | | | | | | | | | 1 | 1 | |
| | Suelda MIG baja potencia | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | 1 |
| | Suelda MIG alta potencia | | | | | | | | | 1 | 1 | |
| | Lijadora Eléctrica | | 1 | | | 1 | | | | | | |
| | Compresor fijo | | | | | 1 | | | | 1 | 1 | |
| | Compresor móvil | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | 1 |

Se procede a establecer un equivalente decimal para cada fila y columna de la matriz, utilizando parte de las ecuaciones 4 y 5 del capítulo 1.

Equivalente decimal para progresión de fila 1:

$$i = 2^{m-p}$$

$$i = 2^{15-1}$$

$$i = 16384$$

Equivalente decimal para progresión de columna 1:

$$j = 2^{m-p}$$

$$j = 2^{11-1}$$

$$j = 1024$$

El procedimiento se repite para cada fila y columna de la matriz, como se muestra en la tabla 30.

Tabla 30. Matriz máquina – producto con equivalentes decimales, algoritmo OAC.

| PRODUCTOS DE DIMENSIÓN VARIABLE | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------|-------------------|------------------|---------------------|----------------------------------|----------------------------|--------------|----------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | | Progresiones de columnas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| | | Equivalente decimal | 1024 | 512 | 256 | 128 | 64 | 32 | 16 | 8 | 4 | 2 | 1 |
| MÁQUINAS DISPONIBLES | Progresiones de filas | Equivalente decimal | Tapas metálicas | Puertas Metálicas | Sillas Metálicas | Escaleras metálicas | Puertas Elegantes Semi-Blindadas | Divisiones INOX para baños | Mesones INOX | Pasamanos INOX | Estructuras Gran Escala | Estructura Mediana Escala | Estructura Pequeña Escala |
| | 1 | 16384 | Amoladora pequeña | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | 1 |
| 2 | 8192 | Amoladora pequeña INOX | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | |
| 3 | 4096 | Tronzadora | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 |
| 4 | 2048 | Cizalla para tol | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 5 | 1024 | Dobladora de tol | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| 6 | 512 | Taladro manual | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 |
| 7 | 256 | Suelda TIG | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | |
| 8 | 128 | Amoladora Grande | | | | | | | | | 1 | 1 | |
| 9 | 64 | Taladro de pedestal | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 | 32 | Suelda Eléctrica | | | | | | | | | 1 | 1 | |
| 11 | 16 | Suelda MIG baja potencia | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | 1 |
| 12 | 8 | Suelda MIG alta potencia | | | | | | | | | 1 | 1 | |
| 13 | 4 | Lijadora Eléctrica | | 1 | | | 1 | | | | | | |
| 14 | 2 | Compresor fijo | | | | | 1 | | | | 1 | 1 | |
| 15 | 1 | Compresor móvil | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | 1 |

Una vez establecidos los equivalentes decimales se procede a establecer los pesos decimales para cada fila y columna utilizando por completo las ecuaciones 4 y 5 del capítulo 1.

Para determinar el peso decimal de cada fila se realiza una sumatoria de los productos entre la base de la celda de cada fila, en este caso la unidad, y el equivalente decimal obtenido anteriormente, se menciona que las celdas que no posean un valor de unidad no serán tomadas en cuenta para el desarrollo matemático.

$$i_i = \sum_{i=1}^m b_{ip} 2^{(m-p)}$$

$$i_1 = 1024 * 1 + 512 * 1 + 256 * 1 + 128 * 1 + 64 * 1 + 4 * 1 + 2 * 1 + 1 * 1$$

$$i_1 = 1991$$

De la misma forma para establecer el peso decimal de cada columna se realiza una sumatoria entre los productos de cada valor de la celda de las columnas y el equivalente decimal de cada columna, de igual manera que en la obtención del peso decimal de las filas no se toma en cuenta a las celdas que no posean un valor de unidad, tampoco se las considera para las columnas.

$$j_j = \sum_{j=1}^n b_{jp} 2^{(n-p)}$$

$$j_1 = 16384 * 1 + 4096 * 1 + 2048 * 1 + 1024 * 1 + 512 * 1 + 16 * 1 + 1 * 1$$

$$j_1 = 24081$$

Este proceso se repite para todas las filas y columnas y así obtener los pesos decimales de la matriz como se puede evidenciar en la tabla 31, toda la resolución tanto para filas y columnas se encuentra en el ANEXO 4.

Se prosigue con el ordenamiento de los pesos decimales de forma descendente en filas y columnas, esto se lo realiza hasta que no exista ningún cambio más en los pesos decimales y poder encontrar una solución como se muestra en la tabla 32.

Tabla 31. Matriz máquina – producto con pesos decimal en desorden.

| PRODUCTOS DE DIMENSIÓN VARIABLE | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------|---------------------|--------------------------|-----------------|-------------------|------------------|---------------------|----------------------------------|----------------------------|--------------|----------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------|------|
| | | | Progresión de columnas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | | |
| | | | Equivalente decimal | 1024 | 512 | 256 | 128 | 64 | 32 | 16 | 8 | 4 | 2 | 1 | | |
| MAQUINAS DISPONIBLES | Progresión de columnas | Equivalente decimal | | Tapas metálicas | Puertas Metálicas | Sillas Metálicas | Escaleras metálicas | Puertas Elegantes Semi-Blindadas | Divisiones INOX para baños | Mesones INOX | Pasamanos INOX | Estructuras Gran Escala | Estructura Mediana Escala | Estructura Pequeña Escala | Peso decimal | |
| | 1 | 16384 | Amoladora pequeña | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | 1991 |
| | 2 | 8192 | Amoladora pequeña INOX | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | 56 |
| | 3 | 4096 | Tronzadora | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 2043 |
| | 4 | 2048 | Cizalla para tol | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | 2040 |
| | 5 | 1024 | Dobladora de tol | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | 2032 |
| | 6 | 512 | Taladro manual | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1913 |
| | 7 | 256 | Suelda TIG | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | 56 |
| | 8 | 128 | Amoladora Grande | | | | | | | | | | 1 | 1 | | 6 |
| | 9 | 64 | Taladro de pedestal | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 15 |
| | 10 | 32 | Suelda Eléctrica | | | | | | | | | | 1 | 1 | | 6 |
| | 11 | 16 | Suelda MIG baja potencia | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | 1 | 1985 |
| | 12 | 8 | Suelda MIG alta potencia | | | | | | | | | | 1 | 1 | | 6 |
| | 13 | 4 | Lijadora Eléctrica | | 1 | | | | 1 | | | | | | | 576 |
| | 14 | 2 | Compresor fijo | | | | | | 1 | | | | 1 | 1 | | 70 |
| 15 | 1 | Compresor móvil | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | 1 | 1921 | |
| Peso decimal | | | 24081 | 24085 | 24081 | 23569 | 24086 | 16128 | 16128 | 15168 | 16618 | 20714 | 21073 | | | |

Tabla 32. Matriz máquina – producto, ordenamiento decimal algoritmo OAC.

| PRODUCTOS DE DIMENSIÓN VARIABLE | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---------------------|--------------------------|------------------------|-----------------|------------------|---------------------|----------------------------------|----------------------------|--------------|----------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------|
| | | | Progresión de columnas | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | | | Equivalente decimal | 1024 | 512 | 256 | 128 | 64 | 32 | 16 | 8 | 4 | 2 | 1 |
| Progresión de columnas | Equivalente decimal | | Puertas Metálicas | Tapas metálicas | Sillas Metálicas | Escaleras metálicas | Puertas Elegantes Semi-Blindadas | Divisiones INOX para baños | Mesones INOX | Pasamanos INOX | Estructura Pequeña Escala | Estructura Mediana Escala | Estructuras Gran Escala | Peso decimal |
| 14 | 16384 | Tronzadora | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 2046 |
| 13 | 8192 | Cizalla para tol | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | 2040 |
| 12 | 4096 | Dobladora de tol | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | 2032 |
| 11 | 2048 | Amoladora pequeña | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | 1991 |
| 10 | 1024 | Suelda MIG baja potencia | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | | | 1988 |
| 9 | 512 | Compresor móvil | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | 1 | | | 1924 |
| 8 | 256 | Taladro manual | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1916 |
| 7 | 128 | Lijadora Eléctrica | 1 | | | | 1 | | | | | | | 1088 |
| 6 | 64 | Compresor fijo | | | | | 1 | | | | | 1 | 1 | 67 |
| 5 | 32 | Amoladora pequeña INOX | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | 56 |
| 4 | 16 | Suelda TIG | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | 56 |
| 3 | 8 | Taladro de pedestal | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 15 |
| 2 | 4 | Amoladora Grande | | | | | | | | | | 1 | 1 | 3 |
| 1 | 2 | Suelda Eléctrica | | | | | | | | | | 1 | 1 | 3 |
| 0 | 1 | Suelda MIG alta potencia | | | | | | | | | | 1 | 1 | 3 |
| Peso decimal | | | 32640 | 32512 | 32512 | 32256 | 32192 | 28976 | 28976 | 24888 | 20232 | 18511 | 2127 | |

Mediante la aplicación del método de algoritmo de ordenamiento por categoría (OAC) se puede identificar como los tipos de productos se agrupan de forma adyacente según sus categorías, productos de cerrajería, productos en acero inoxidable y estructuramiento metálicos respectivamente, a partir de ello se agrupa la mayor cantidad de unos para generar las celdas de manufactura, en este caso se analiza 2 agrupaciones diferentes.

3.1.7 Evaluación de celda de manufactura – algoritmo heurístico

Para evaluar cada una de las agrupaciones celulares se utiliza el algoritmo heurístico, lo cual determina la eficacia de la celda utilizando la ecuación 6. A continuación se analiza la primera agrupación celular que se encuentra en la tabla 33.

Tabla 33. Agrupación celular 1.

| | | PRODUCTOS DE DIMENSIÓN VARIABLE | | | | | | | | | | |
|----------------------|--------------------------|---------------------------------|-----------------|------------------|---------------------|----------------------------------|----------------------------|--------------|----------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|
| | | Puertas Metálicas | Tapas metálicas | Sillas Metálicas | Escaleras metálicas | Puertas Elegantes Semi-Blindadas | Divisiones INOX para baños | Mesones INOX | Pasamanos INOX | Estructura Pequeña Escala | Estructura Mediana Escala | Estructuras Gran Escala |
| MAQUINAS DISPONIBLES | Tronzadora | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | Cizalla para tol | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| | Dobladora de tol | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| | Amoladora pequeña | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | 1 |
| | Suelda MIG baja potencia | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | | |
| | Compresor móvil | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | 1 | | |
| | Taladro manual | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| | Lijadora Eléctrica | 1 | | | | 1 | | | | | | |
| | Compresor fijo | | | | | 1 | | | | | 1 | 1 |
| | Amoladora pequeña INOX | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | |
| | Suelda TIG | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | |
| | Taladro de pedestal | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Amoladora Grande | | | | | | | | | | 1 | 1 |
| | Suelda Eléctrica | | | | | | | | | | 1 | 1 |
| | Suelda MIG alta potencia | | | | | | | | | | 1 | 1 |

Se determina que en la celda 3, la cual posee los productos de cerrajería, deben involucrarse las máquinas tronadora, cizalla de tol, amoladora pequeña, suelda MIG de baja potencia y compresor móvil, mientras que en la celda 2, donde se encuentran los productos de acero inoxidable, debe poseer las máquinas tronadora, cizalla de tol, dobladora de tol, amoladora pequeña Inox, suelda TIG y taladro de pedestal, y finalmente en la celda 1, estructuras, se debe ubicar las máquinas amoladora pequeña, taladro de pedestal, amoladora grande, suelda eléctrica y suelda MIG de alta potencia.

Se enumera las especificaciones requeridas para la aplicación de las ecuaciones 7 y 8 del capítulo uno tal como se encuentra en la tabla 36.

$$\Gamma = \frac{1 - \Psi}{1 + \Phi}$$

$$\Gamma = \frac{1 - \frac{10}{73}}{1 + \frac{14}{73}}$$

$$\Gamma = 0.724 \cong 72.4\%$$

Tabla 34. Evaluación de eficiencia de agrupación 1.

| EVALUACIÓN DE EFICIENCIA DE CELDA | |
|--|--------------|
| Número total operaciones | 73 |
| Número de elementos excepcionales | 10 |
| Número de vacíos en la celda | 14 |
| Eficacia | 72.4% |

Mediante la evaluación que se realiza a la primera agrupación celular se identifica una eficacia del 72.4%, la cual posee 10 elementos fuera de los grupos y un total de 14 espacios vacíos en todas las agrupaciones.

Se prosigue con el análisis de la segunda agrupación celular que se encuentra descrita en la tabla 35.

Tabla 35. Agrupación celular 2.

| | | PRODUCTOS DE DIMENSIÓN VARIABLE | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--------------------------|---------------------------------|-----------------|------------------|---------------------|----------------------------------|----------------------------|--------------|----------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|---|--|--|
| | | Puertas Metálicas | Tapas metálicas | Sillas Metálicas | Escaleras metálicas | Puertas Elegantes Semi-Blindadas | Divisiones INOX para baños | Mesones INOX | Pasamanos INOX | Estructura Pequeña Escala | Estructura Mediana Escala | Estructuras Gran Escala | | | |
| MAQUINAS DISPONIBLES | Tronzadora | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| | Cizalla para tol | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| | Dobladora de tol | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | |
| | Amoladora pequeña | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | 1 | 1 | 1 | | |
| | Suelda MIG baja potencia | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | 1 | | | | |
| | Compresor móvil | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | 1 | | | | |
| | Taladro manual | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| | Lijadora Eléctrica | 1 | | | | 1 | | | | | | | | | |
| | Compresor fijo | | | | | 1 | | | | | | 1 | 1 | | |
| | Amoladora pequeña INOX | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| | Suelda TIG | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| | Taladro de pedestal | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| | Amoladora Grande | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | |
| | Suelda Eléctrica | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | |
| | Suelda MIG alta potencia | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | |

Se determina que en la celda 3, la cual posee los productos de cerrajería, se incrementa la máquina lijadora eléctrica, mientras que en la celda 2, donde se encuentran los productos de acero inoxidable, se adiciona la máquina taladro manual requerida para los tres productos de esta celda, y finalmente en la celda 1, estructuras, se añade la máquina tronzadora y compresor fijo.

Se enumera las especificaciones requeridas para la aplicación de las ecuaciones 7 y 8 del capítulo uno tal como se encuentra en la tabla 36

$$\Gamma = \frac{1 - \Psi}{1 + \Phi}$$

$$\Gamma = \frac{1 - \frac{2}{73}}{1 + \frac{17}{73}}$$

$$\Gamma = 0.789 \cong 78.9\%$$

Tabla 36. Evaluación de eficiencia de agrupación 2.

| EVALUACIÓN DE EFICIENCIA DE CELDA | |
|--|--------------|
| Número total operaciones | 73 |
| Número de elementos excepcionales | 2 |
| Número de vacíos en la celda | 17 |
| Eficacia | 78.9% |

La evaluación realizada a la segunda agrupación celular se identifica una eficacia del 78.9%, la cual posee 2 elementos fuera de los grupos y un total de 17 espacios vacíos en todas las agrupaciones.

Mediante las evaluaciones efectuadas se puede evidenciar que la agrupación celular 2 es la mejor al poseer una eficiencia del 78.9%, además de involucrar todas las máquinas y herramientas requeridas en cada celda para su adecuado funcionamiento.

Al identificar los productos que pertenecen a cada celda y las herramientas que son requeridas para su fabricación se procede a clasificarlos, esto se lo realiza mediante el inventario de máquinas y herramientas del ANEXO 3, formado una matriz celular final en la tabla 37, donde se agrupan de manera ordenada las máquinas y herramientas de las celdas 1, 2 y 3.

Tabla 37. Agrupación de cada herramienta en cada celda.

| PRODUCTOS DE DIMENSIÓN VARIABLE | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------|---------------------|----------------------------------|----------------------------|--------------|----------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|
| | | | | | | | | | | | |
| | Puertas Metálicas | Tapas metálicas | Sillas Metálicas | Escaleras metálicas | Puertas Elegantes Semi-Blindadas | Divisiones INOX para baños | Mesones INOX | Pasamanos INOX | Estructura Pequeña Escala | Estructura Mediana Escala | Estructuras Gran Escala |
| MÁQUINAS DISPONIBLES | Tronzadora C1 | | | | | | | | 1 | 1 | |
| | Amoladora pequeña C1 | | | | | | | | 1 | 1 | 1 |
| | Suelda MIG baja potencia C1 | | | | | | | | 1 | | |
| | Compresor móvil C1 | | | | | | | | 1 | | |
| | Taladro manual C1 | | | | | | | | 1 | | |
| | Compresor fijo C1 | | | | | | | | | 1 | 1 |
| | Taladro de pedestal C1 | | | | | | | | 1 | 1 | 1 |
| | Amoladora Grande | | | | | | | | | 1 | 1 |
| | Suelda Eléctrica | | | | | | | | | 1 | 1 |
| | Suelda MIG alta potencia | | | | | | | | | 1 | 1 |
| | Tronzadora C2 | | | | | | 1 | 1 | 1 | | |
| | Cizalla para tol C2 | | | | | | 1 | 1 | 1 | | |
| | Dobladora de tol C2 | | | | | | 1 | 1 | | | |
| | Taladro manual C2 | | | | | | 1 | 1 | 1 | | |
| | Amoladora pequeña INOX | | | | | | 1 | 1 | 1 | | |
| | Suelda TIG | | | | | | 1 | 1 | 1 | | |
| | Taladro de pedestal C2 | | | | | | | | 1 | | |
| | Tronzadora C3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| | Cizalla para tol C3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| | Dobladora de tol C3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| | Amoladora pequeña C3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| | Suelda MIG baja potencia C3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| | Compresor móvil C3 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| | Taladro manual C3 | 1 | 1 | 1 | | 1 | | | | | |
| | Lijadora Eléctrica | 1 | | | | 1 | | | | | |
| | Compresor fijo C3 | | | | | 1 | | | | | |

3.1.8 Requerimiento de espacio físico para la distribución

Para determinar el espacio necesario que debe poseer cada celda se utiliza el método de Guerchet, el cual ayuda a establecer espacios de superficie requeridos para una estación de trabajo mediante dimensiones de elementos estático y móviles, utilizando sus lados útiles para el proceso, es por esto se identifica el inventario de todas las máquinas y herramientas que el taller dispone en la actualidad, ANEXO 3.

En la tabla 38 se determina el factor constante k para el cálculo del método de Guerchet.

Tabla 38. Valores la constante k, datos tomada del libro Richard Muther.

| Razón de la empresa | Coefficiente k | |
|--|-----------------------|------|
| Gran industria alimenticia | 0.05 | 0.15 |
| Trabajo en cadena, transporte mecánico | 0.10 | 0.25 |
| Textil - Hilado | 0.05 | 0.25 |
| Textil - Tejido | 0.05 | 0.25 |
| Relojería, Joyería | 0.75 | 1.00 |
| Industria mecánica pequeña | 1.50 | 2.00 |
| Industria mecánica | 2.00 | 3.00 |

Para establecer el valor correspondiente a la actividad del taller se compara el RUC, ANEXO 5, con la razón de la empresa que aparece en la tabla de valores de la constante k, dando como resultado una industria mecánica pequeña, por lo que se toma el valor menor del rango 1.50.

Se recopila toda la información necesaria para la ejecución del método de Guerchet, descrita en la tabla 39, esto se realiza para la celda de estructuras de gran escala.

La superficie para cada elemento se obtiene aplicando la ecuación 9, 10, 11 y 12 del capítulo 1 reemplazando todas las variables ya registradas en la tabla 39.

Se inicia con determinar la superficie estática (S_e) del elemento, se presenta la resolución aritmética del primer elemento, y este se repite para todos los demás.

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

$$Se = 6.50 \text{ m} * 1.50 \text{ m}$$

$$Se = 9.75 \text{ m}^2$$

Se procede a calcular la superficie gravitacional (Sg), para ello se debe conocer el número de lados útiles (n) del elemento.

$$Sg = n * Se$$

$$Sg = 2 * 9.75 \text{ m}^2$$

$$Sg = 19.5 \text{ m}^2$$

Se establece la superficie de evolución, para lo cual interviene la constante k , y las superficies estática y gravitacional.

$$Sv = (Se + Sg) * k$$

$$Sv = (9.75 \text{ m}^2 + 19.5 \text{ m}^2) * 1.5$$

$$Sv = 43.88 \text{ m}^2$$

Finalmente se establece la superficie total requerida para el elemento en cuestión, para ello se realiza la sumatoria de todas las superficies por el número de elementos requeridos (N) en el espacio de trabajo.

$$St = (Se + Sg + Sv) * N$$

$$St = (9.75 \text{ m}^2 + 19.50 \text{ m}^2 + 43.88 \text{ m}^2) * 1$$

$$St = 73.13 \text{ m}^2$$

Tabla 39. Determinación de superficie requerida para celda estructuras metálicas

| CELDA 1 - ESTRUCTURAS DE GRAN ESCALA | | | | | | | | |
|---|------------|-----------|-----------|-----------|--------------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| Coefficiente K: | 1.5 | | | | | | | |
| Elementos | Unidades | Lados (N) | Largo [m] | Ancho [m] | Superficie estática (Se) | Superficie Gravitacional (Sg) | Superficie de Evolución (Sv) | Superficie Total (St) |
| Mesa de trabajo 1 | 1 | 2 | 6.50 | 1.50 | 9.75 | 9.50 | 43.88 | 73.13 |
| Almacenamiento MP1 | 1 | 1 | 6.00 | 0.15 | 0.90 | 0.90 | 2.70 | 4.50 |
| Almacenamiento MP2 | 1 | 1 | 6.00 | 0.30 | 1.80 | 1.80 | 5.40 | 9.00 |
| Mesa de trabajo 2 | 1 | 2 | 1.50 | 1.00 | 1.50 | 3.00 | 6.75 | 11.25 |
| Suelda Eléctrica | 2 | 1 | 0.42 | 0.15 | 0.06 | 0.06 | 0.19 | 0.95 |
| Suelda MIG | 2 | 1 | 1.00 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 1.50 | 5.00 |
| Anaquele Herramientas | 1 | 1 | 1.23 | 0.50 | 0.62 | 0.62 | 1.85 | 3.08 |
| Compresor Fijo | 1 | 1 | 0.60 | 0.50 | 0.30 | 0.30 | 0.90 | 1.50 |
| Taladro de pedestal | 1 | 1 | 0.50 | 0.40 | 0.20 | 0.20 | 0.60 | 1.00 |
| Tronzadora | 1 | 1 | 6.00 | 0.40 | 2.40 | 2.40 | 7.20 | 12.00 |
| | | | | | | | Total m2: | 121.40 |

Este proceso se repite para las demás celdas, como se puede observar en la tabla 40 y 41, correspondientes a las celdas de productos de acero inoxidable y celda de productos de cerrajería.

Tabla 40. Determinación de superficie requerida para celda productos en acero inoxidable.

| CELDA 2 - DIVISIONES SANITARIAS EN ACERO INOXIDABLE | | | | | | | | |
|--|------------|-----------|-----------|-----------|--------------------------|---------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| Coefficiente K: | 1.5 | | | | | | | |
| Elementos | Unidades | Lados (N) | Largo [m] | Ancho [m] | Superficie estática (Se) | Superficie Gravitacional I (Sg) | Superficie de Evolución (Sv) | Superficie Total (St) |
| Mesa de trabajo | 1 | 3 | 2.00 | 1.00 | 2.00 | 6.00 | 12.00 | 20.00 |
| Suelda TIG | 1 | 1 | 0.60 | 0.40 | 0.24 | 0.24 | 0.72 | 1.20 |
| Taladro pedestal | 1 | 1 | 0.50 | 0.40 | 0.20 | 0.20 | 0.60 | 1.00 |
| Dobladora | 1 | 1 | 1.35 | 1.40 | 1.89 | 1.89 | 5.67 | 9.45 |
| Anaquele herramientas | 1 | 1 | 1.23 | 0.50 | 0.62 | 0.62 | 1.85 | 3.08 |
| Tronzadora | 1 | 1 | 6.00 | 0.40 | 2.40 | 2.40 | 7.20 | 12.00 |
| Almacenamiento MP | 1 | 1 | 6.00 | 0.30 | 1.80 | 1.80 | 5.40 | 9.00 |
| Mesa de corte de tol | 1 | 2 | 2.00 | 1.00 | 2.00 | 2.00 | 6.00 | 10.00 |
| | | | | | | | Total m2: | 70.73 |

Tabla 41. Determinación de superficie requerida para celda productos de cerrajería.

| CELDA DE PRODUCTOS DE ACERO INOXIDABLE - PUERTAS ELEGANTES SEMI BLINDADAS | | | | | | | | |
|--|------------|-----------|-----------|-----------|--------------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| Coefficiente K: | 1.5 | | | | | | | |
| Elementos | Unidades | Lados (N) | Largo [m] | Ancho [m] | Superficie estática (Se) | Superficie Gravitacional (Sg) | Superficie de Evolución (Sv) | Superficie Total (St) |
| Mesa de trabajo | 1 | 3 | 1.50 | 1.00 | 1.50 | 4.50 | 9.00 | 15.00 |
| Suelda eléctrica | 1 | 1 | 0.43 | 0.28 | 0.12 | 0.12 | 0.36 | 0.60 |
| Suelda MIG baja potencia | 1 | 1 | 0.60 | 0.50 | 0.30 | 0.30 | 0.90 | 1.50 |
| Mesa de corte de tol | 1 | 2 | 2.00 | 1.00 | 2.00 | 4.00 | 9.00 | 15.00 |
| Dobladora | 1 | 1 | 1.35 | 1.40 | 1.89 | 1.89 | 5.67 | 9.45 |
| Tronzadora | 1 | 1 | 6.00 | 0.40 | 2.40 | 2.40 | 7.20 | 12.00 |
| Anaqueles herramientas | 1 | 1 | 1.23 | 0.50 | 0.62 | 0.62 | 1.85 | 3.08 |
| Compresor Móvil | 1 | 1 | 0.90 | 0.40 | 0.36 | 0.36 | 1.08 | 1.80 |
| Almacenamiento MP | 1 | 1 | 6.00 | 0.30 | 1.80 | 1.80 | 5.40 | 9.00 |
| | | | | | | | Total m2: | 67.43 |

Mediante la resolución del método de Guerchet se establece el área requerida para las tres celdas propuesta, en la tabla 42 se presenta el resumen del área requerida para cada celda y lo disponible por el taller.

Tabla 42. Resumen del área requerida por celda y espacio disponible por el taller.

| CELDA | ÁREA REQUERIDA [m²] |
|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Celda 1 - estructuramiento metálicos | 121.40 |
| Celda 2 - productos acero INOX | 70.73 |
| Celda 3 - productos de cerrajería | 67.43 |
| TOTAL: | 259.56 |
| Área del terreno | 305.42 |
| Área utilizada | 2.58 |
| Área Disponible | 302.84 |

Como se puede evidenciar el terreno que el taller dispone posee una superficie de 305.42 m^2 , de los cuales 2.58 m^2 están utilizados por los servicios sanitarios, entonces se dispone de 302.84 m^2 de estos se requirieren 121.40 m^2 para a celda de estructuras metálicas, 70.73 m^2 para la celda de productos en acero inoxidable y 67.43 m^2 para los productos de cerrajería.

Tomando el layout del terreno que dispone el taller se distribuye el área necesaria para cada celda, en la figura 30 se presenta la distribución de las celdas en el área disponible por el taller.

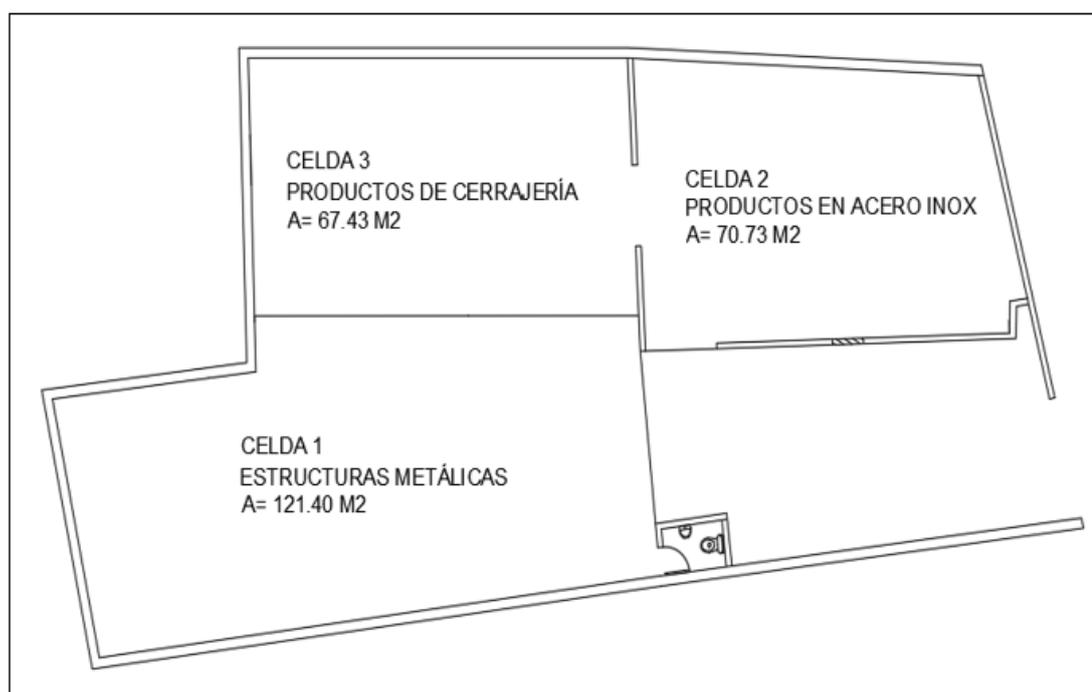


Figura 31: distribución del área de cada celda en la superficie del taller.

Mediante la distribución efectuada en el layout del espacio disponible por el taller, se establece que la celda 1 la cual pertenece a estructuramiento metálicos posea 121.40 m^2 , mientras que la celda 2 perteneciente a productos de acero inoxidable contenga 70.73 m^2 y finalmente la celda 3 donde se fabricaran productos de cerrajería se forme con 67.43 m^2 .

3.1.9 Balanceo de la celda de manufactura

Las celdas de manufactura agrupan productos y procesos similares en un mismo sitio de trabajo, por esto dentro de ellas se debe organizar las estaciones de trabajo de una manera eficiente, reduciendo los traslados innecesarios del personal y materiales, mejora la comunicación entre los trabajadores, disminuir requerimientos de espacio, facilitar las inspecciones y reducir al mínimo el número de trabajadores, características representativas de la distribución en forma “U”.

Distribución flexible en forma de U

Para cada celda se establecen dos propuestas, donde se distribuyen las máquinas, mesas y anaqueles de tal forma que se genere un flujo de trabajo sin obstrucciones del recorrido del material e incluso del personal, para tener una flexibilidad dentro de la celda se selecciona la distribución en “U”, la cual permite al personal acceder a cualquier estación de trabajo desde cualquier punto, para poder apoyar y desarrollar las actividades laborales de una manera eficiente.

Para cada celda establecida en la figura 30 se reordenan las actividades de cada producto estrella descritas en los cursogramas de las tablas 19, 20, 21 para generar una secuencia de estos, los cuales se presentan en el ANEXO 6,

En la figura 31 y 32 se presenta los Layout de la primera y segunda propuesta para la celda 1, en donde se produce las estructuras metálicas, el flujo del material asimila un flujo en “U”, que tienen un recorrido de derecha a izquierda, posee dos almacenamientos de materia prima, en el primero se almacena lo necesario para fabricar las placas base de las estructuras y en la segunda se almacena todo el material estructural que se requiere para fabricar las vigas, columnas y cerchas de una estructura, se implementa dos puntos de aire comprimido distribuidos desde el compresor fijo para generar un flujo adecuado de las actividades de trabajo, además se incluye una guarda de seguridad en la sección de tronadora para evitar accidentes y demoras en las actividades del personal por las chispas abrasivas que se generan.

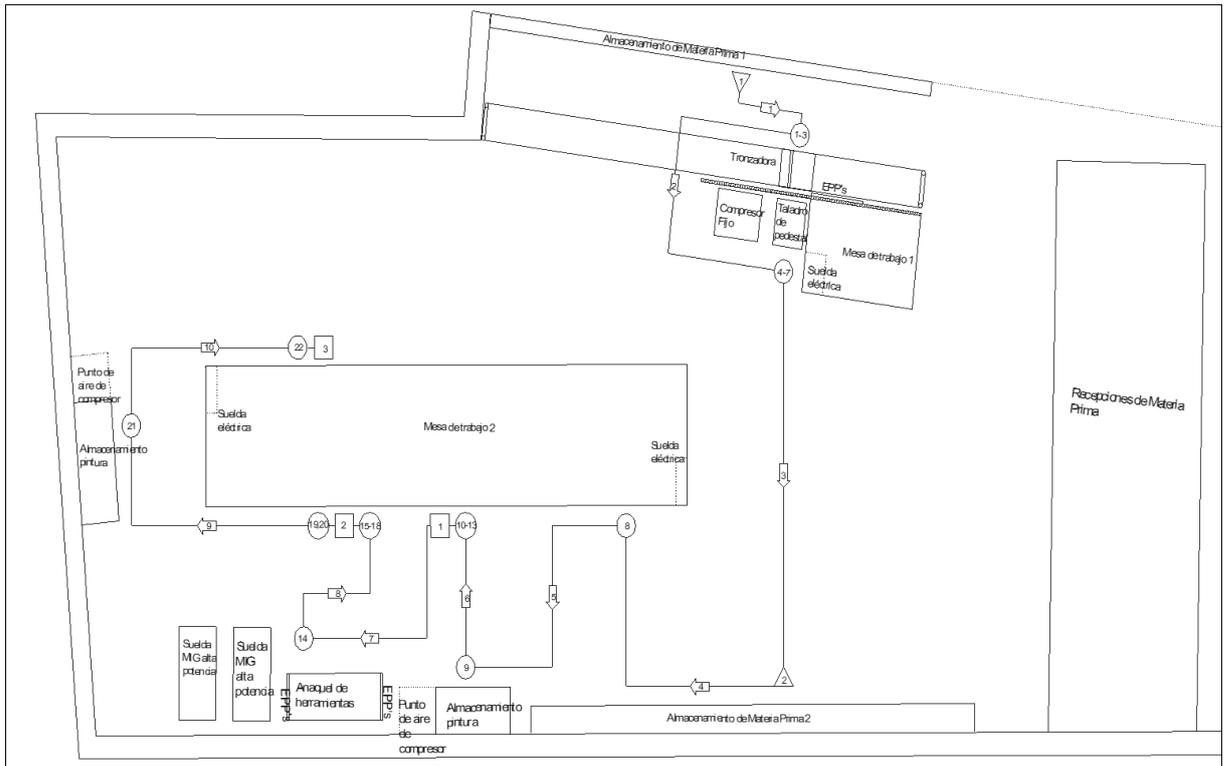


Figura 32: Layout propuesta 1 para celda 1.

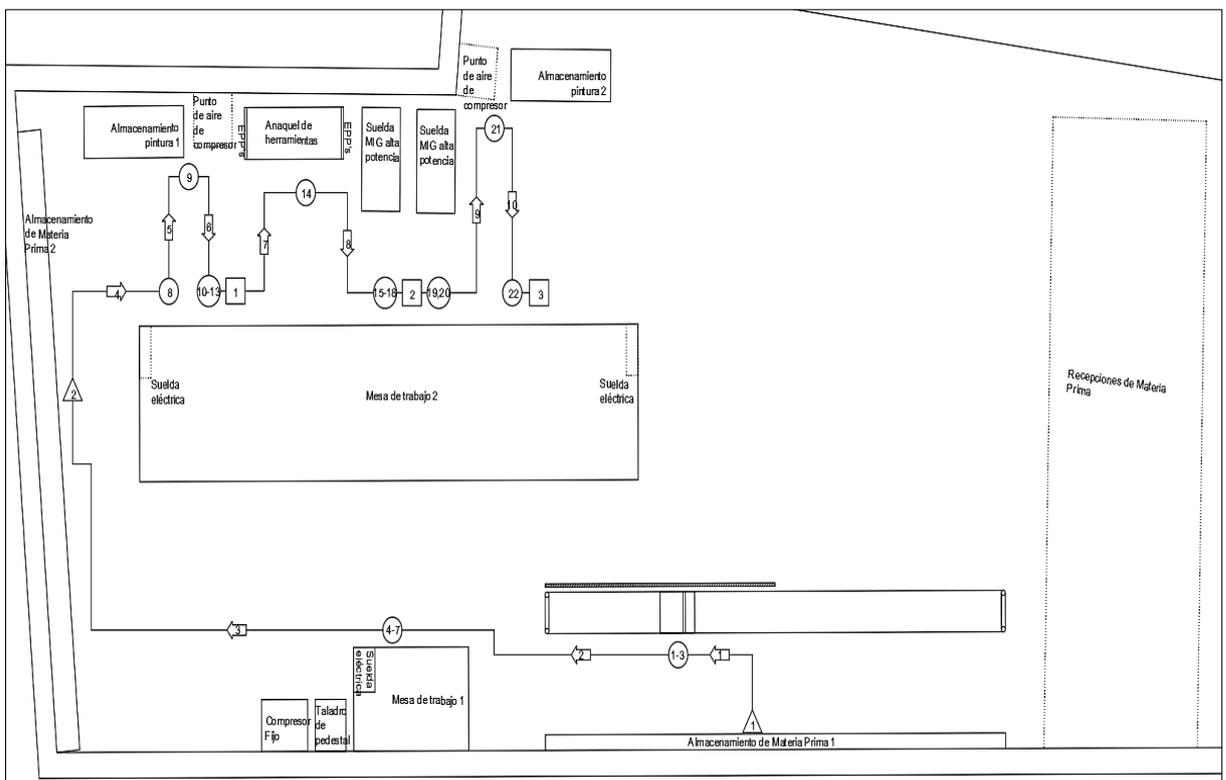


Figura 33: Layout propuesta 2 para celda 1.

En la figura 33 y 34 se presenta los Layout de la primera y segunda propuesta para la celda 2, en donde se fabrican productos en acero inoxidable, el flujo del material asimila una “U”, tanto para el producto estrella como para los demás productos, en estas propuestas se implementa una guarda de seguridad para la sección de tronzadora.

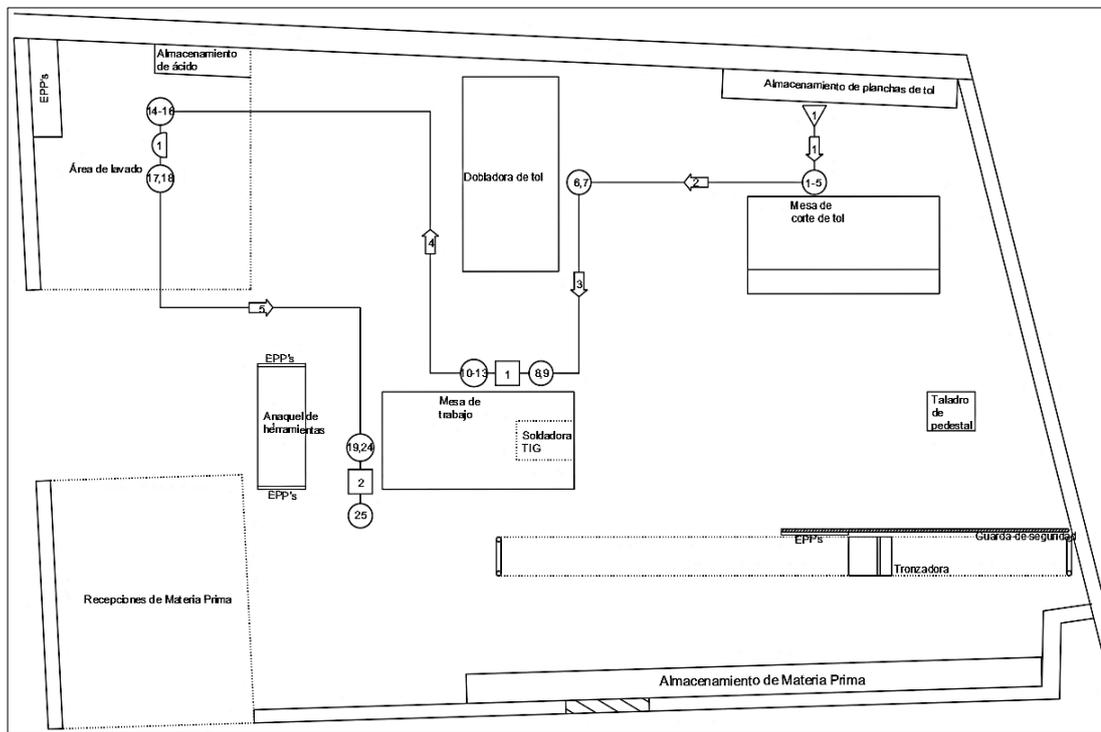


Figura 34: Layout propuesta 1 para celda 2.

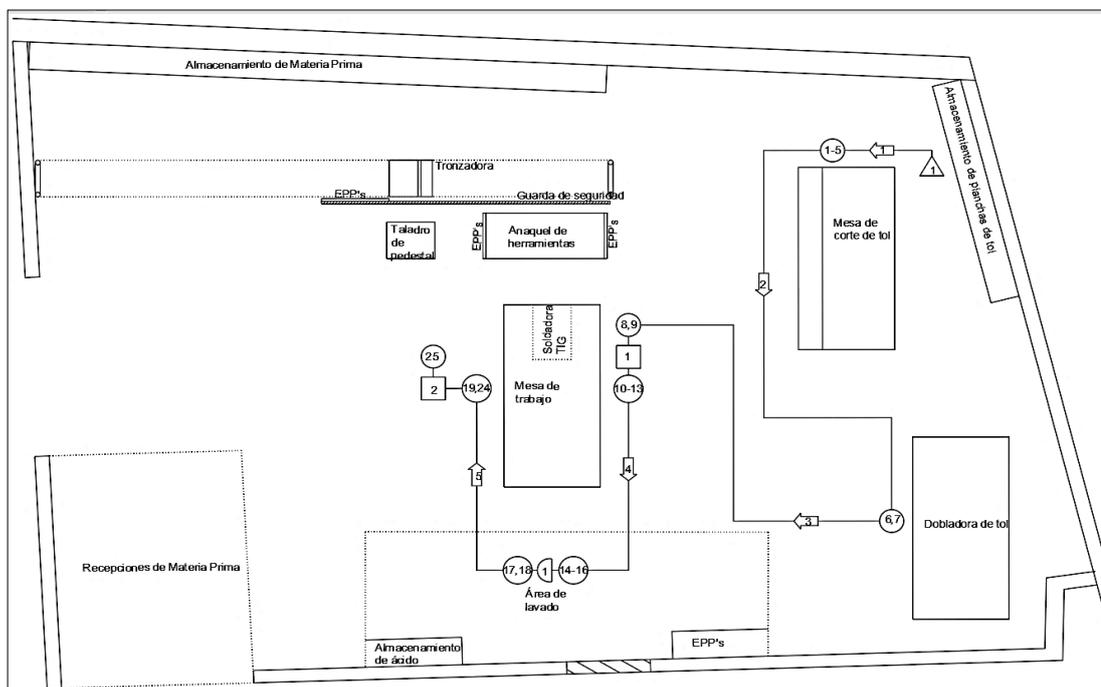


Figura 35: Layout propuesta 2 para celda 2.

En la figura 35 y 36 se presenta los Layout de la primera y segunda propuesta para la celda 3, en donde se fabrican productos de cerrajería, el flujo del material asimila una “U”, tanto para el producto estrella como para los demás productos, en estas propuestas se implementa una guarda de seguridad para la sección de tronzadora.

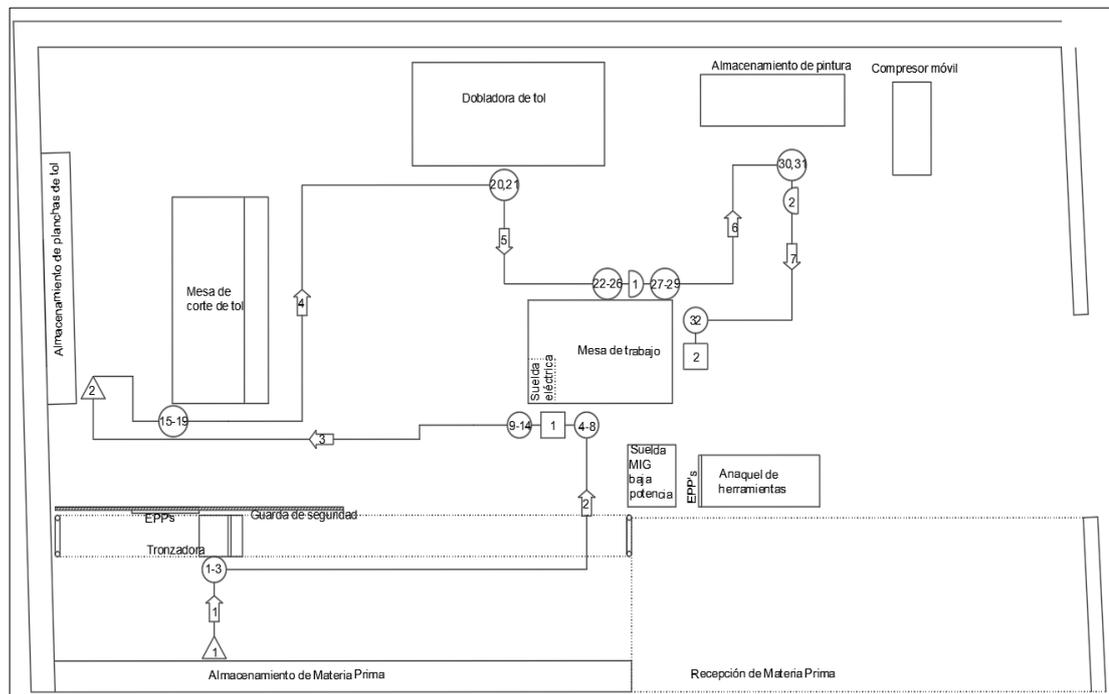


Figura 36: Layout propuesta 1 para celda 3.

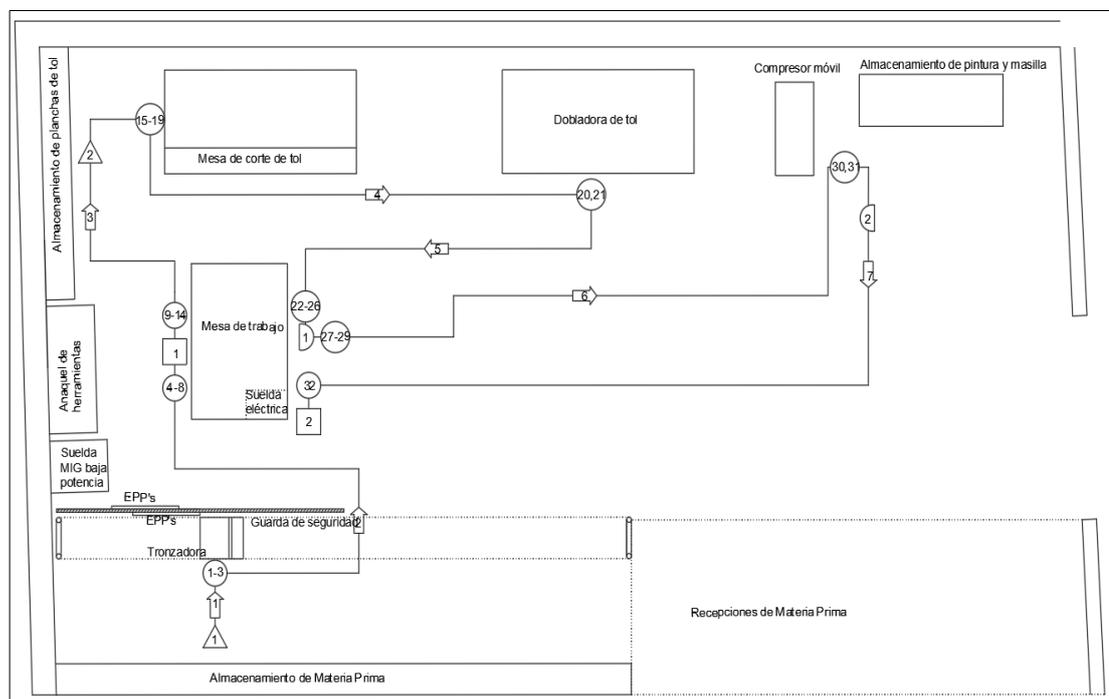


Figura 37: Layout propuesta 2 para celda 3.

3.1.10 Análisis Carga-Distancia

La selección de la mejor opción para la distribución de la planta se la determina mediante el análisis carga-distancia, por lo cual se debe conocer los traslados necesarios que el personal operativo realiza en el proceso de producción de cada propuesta, como se puede observar en el ANEXO 6, las propuestas que se analizan son las demostradas en las figuras 31, 32, 33, 34, 35 y 36. Para establecer las distancias recorridas dentro de las celdas de trabajo se utiliza la distancia rectilínea, la cual mide la distancia con giros de 90°, en la tabla 43 se presenta la distancia entre cada punto para cada propuesta.

Tabla 43. Distancias recorridas en la celda de trabajo.

| Celda 1 - Estructuras de gran escala | | |
|---|-----------------|-----------------|
| Movimientos | Propuesta 1 [m] | Propuesta 2 [m] |
| 1-2 | 1.43 | 0.75 |
| 2-3 | 4.66 | 4.81 |
| 3-4 | 4.42 | 6.72 |
| 4-5 | 3.84 | 2.09 |
| 5-6 | 3.67 | 1.38 |
| 6-7 | 1.51 | 1.36 |
| 7-8 | 3.39 | 2.21 |
| 8-9 | 2.10 | 2.35 |
| 9-10 | 4.18 | 2.66 |
| 10-11 | 3.66 | 2.29 |
| Celda 2 Divisiones de baño en acero INOX | | |
| Movimientos | Propuesta 1 [m] | Propuesta 2 [m] |
| 1-2 | 0.79 | 1.06 |
| 2-3 | 2.46 | 6.36 |
| 3-4 | 3.51 | 4.89 |
| 4-5 | 5.50 | 3.45 |
| 5-6 | 5.23 | 2.81 |
| 6-7 | 1.14 | 0.93 |
| Celda 3 - Puertas elegantes semi blindadas | | |
| Movimientos | Propuesta 1 [m] | Propuesta 2 [m] |
| 1-2 | 0.86 | 0.72 |
| 2-3 | 5.27 | 4.43 |
| 3-4 | 6.73 | 4.89 |
| 4-5 | 6.15 | 5.31 |
| 5-6 | 1.9 | 4.35 |
| 6-7 | 3.2 | 7.48 |
| 7-8 | 2.98 | 8.29 |

En la tabla 44, 45, 46 se detallan las distancias recorridas de las celdas 1, 2 y 3.

Tabla 44. Distancias recorridas en la secuencia de la celda 1.

| CELDA 1 | | | | |
|--------------------------------|--|-----------------------------|------------------------|------------------------|
| Producto | Descripción del proceso | Secuencia | Propuesta 1 [m] | Propuesta 2 [m] |
| Estructuras de gran escala | De almacenamiento de materia prima 1 pasa a tronzadora y a mesa de trabajo 1. | 1-2-3 | 6.09 | 5.56 |
| | Desde mesa de trabajo 1 pasa a almacenamiento de materia prima 2, mesa de trabajo 2, almacenamiento de pintura 1, mesa de trabajo 2, anaquel de herramientas, mesa de trabajo 2, almacenamiento de pintura 2 y mesa de trabajo 2 | 3-4-5-6- 7-8-9-10- 11 | 26.78 | 21.05 |
| TOTAL: | | | 32.87 | 26.61 |
| Propuesta seleccionada: | | | Propuesta 2 | |

Tabla 45. Distancias recorridas en la secuencia de la celda 2.

| CELDA 2 | | | | |
|-------------------------------------|---|-------------------|------------------------|------------------------|
| Producto | Descripción del proceso | Secuencia | Propuesta 1 [m] | Propuesta 2 [m] |
| Divisiones sanitarias en acero INOX | De almacenamiento de materia prima pasa a mesa de corte de tol, dobladora de tol, mesa de trabajo, área de lavado, mesa de trabajo y procede al embalaje. | 1-2-3-4- 5-6-7 | 18.63 | 19.49 |
| TOTAL: | | | 18.63 | 19.49 |
| Propuesta seleccionada: | | | Propuesta 1 | |

Tabla 46. Distancias recorridas en la secuencia de la celda 2.

| CELDA 3 | | | | |
|-------------------------------------|--|---------------------|----------------------------|----------------------------|
| Producto | Descripción del proceso | Secuencia | Propuesta 1 [m] | Propuesta 2 [m] |
| Divisiones sanitarias en acero INOX | De almacenamiento de materia prima pasa a tronzadora, mesa de trabajo, mesa de corte de tol, dobladora de tol, mesa de trabajo, almacenamiento de pintura y mesa de trabajo. | 1-2-3-4- 5-6-7-8 | 27.09 | 35.47 |
| TOTAL: | | | 27.09 | 35.47 |
| Propuesta seleccionada: | | | Propuesta 1 | |

Para determinar la distribución más adecuada se escoge la mejor propuesta con el menor recorrido para cada celda como se muestra en la tabla 47.

Tabla 47. Distancias recorridas en la secuencia de la celda 2.

| Producto | Celda de fabricación | Demanda anual [u] | Propuesta de distribución | Distancia total recorrida [u*m] |
|-------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------------------|--|
| Estructuras Gran Escala | Celda 1 | 2 | 2 | 53.22 |
| Divisiones De Baño Inox | Celda 2 | 2 | 1 | 37.26 |
| Puerta Semi blindada | Celda 3 | 1 | 1 | 27.09 |
| TOTAL: | | | | 117.57 |

Mediante la selección de la propuesta con el menor recorrido para cada celda se determina el recorrido total que posee una distancia de 109.113 m, por lo tanto, para la celda 1 se selecciona la propuesta 2, para la celda 2 se escoge la propuesta 1 y finalmente para la celda 3 se elige la propuesta 1.

Asignación de personal en cada celda de manufactura

Para asignar el personal dentro de una celda de manufactura se establece el tiempo takt, el cual es la frecuencia del paso de unidades por producción para satisfacer el pedido, para ello se aplica la ecuación 9 y 10 presentadas en el capítulo 1.

Asignación de personal para celda de estructuras de gran escala

$$\text{Tiempo takt} = \frac{\text{Tiempo total de trabajo disponible}}{\text{Unidades requeridas}}$$

$$\text{Tiempo takt} = \frac{(10 \text{ dias} * 8 \text{ horas} * 60 \text{ min})}{2 u}$$

$$\text{Tiempo takt} = 2400 \frac{\text{min}}{u}$$

$$\text{Trabajadores requeridos} = \frac{\text{Tiempo de operacion total requerido}}{\text{Tiempo Takt}}$$

$$\text{Trabajadores requeridos} = \frac{4251.76 \frac{\text{min}}{u}}{2400 \frac{\text{min}}{u}}$$

$$\text{Trabajadores requeridos} = 1.77 \approx 2$$

Asignación de personal para celda de divisiones de baño en acero inoxidable

$$\text{Tiempo takt} = \frac{\text{Tiempo total de trabajo disponible}}{\text{Unidades requeridas}}$$

$$\text{Tiempo takt} = \frac{(8 \text{ dias} * 8 \text{ horas} * 60 \text{ min})}{2 u}$$

$$\text{Tiempo takt} = 1920 \frac{\text{min}}{u}$$

$$\text{Trabajadores requeridos} = \frac{\text{Tiempo de operacion total requerido}}{\text{Tiempo Takt}}$$

$$\text{Trabajadores requeridos} = \frac{2132.40 \frac{\text{min}}{u}}{1920 \frac{\text{min}}{u}}$$

$$\text{Trabajadores requeridos} = 1.11 \approx 2$$

Asignación de personal para celda de puertas elegantes semi blindadas

$$\text{Tiempo takt} = \frac{\text{Tiempo total de trabajo disponible}}{\text{Unidades requeridas}}$$

$$\text{Tiempo takt} = \frac{(5 \text{ dias} * 8 \text{ horas} * 60 \text{ min})}{2 u}$$

$$\text{Tiempo takt} = 1200 \frac{\text{min}}{u}$$

$$\text{Trabajadores requeridos} = \frac{\text{Tiempo d operacion total requerido}}{\text{Tiempo Takt}}$$

$$\text{Trabajadores requeridos} = \frac{1651.61 \frac{\text{min}}{u}}{1200 \frac{\text{min}}{u}}$$

$$\text{Trabajadores requeridos} = 1.38 \approx 2$$

Mediante el análisis se determina que para cada una de las celdas de manufactura se requieren 2 trabajadores para realizar el trabajo requerido en un tiempo determinado por los históricos de los pedidos.

3.1.11 Aplicación teórica de herramientas Lean

Además de haberse establecido una propuesta para una nueva distribución, se propone la adopción de una metodología que fomente la mejora continua dentro del taller Shambi e hijos, a continuación, se presenta la aplicación teórica de ciertas herramientas Lean Manufacturing.

En primera instancia se debe realizar el reconocimiento de las herramientas Lean, sus beneficios, aplicabilidad, y disponibilidad de aplicación, es por ello por lo que previamente a su aplicación teórica se realiza una matriz de selección de estas herramientas de acuerdo con diversos criterios seleccionados por el investigador.

A demás de esto, se muestran los siguientes objetivos del taller planteados por el investigador los cuales buscan alcanzar la mejora continua, de acuerdo a esto se realiza la selección de las herramientas de Lean Manufacturing.

Objetivos del taller

- Alcanzar la satisfacción de los clientes a través de productos ofrecidos, cumpliendo los requerimientos.
- Mejorar los procesos de producción, garantizando la calidad de estos.
- Establecer los productos Shambi e Hijos en el mercado actual.
- Generar una cultura de organizacional la cual permita potencializar el recurso humano del taller.
- Perfeccionar y optimizar los productos del taller mediante innovación tecnológica.

De esta forma en la tabla 48 se presenta la matriz de selección de herramienta Lean enfocadas en un taller industrial como es el caso del taller Shambi e hijos.

Tabla 48. Matriz de selección de herramientas lean para el taller industrial “Shambi e Hijos”

| Matriz de selección de herramientas lean para el taller industrial “Shambi e Hijos” | | | | | | | |
|---|---|------------------------------|-------|------|--|--|--------|
| Herramienta | Impacto | Viabilidad de implementación | | | ¿Por qué? | Condiciones del taller | Cumple |
| | | Alta | Media | Baja | | | |
| VSM | Identifica oportunidades de mejora dentro de los procesos. | x | | | Muestra los procesos, su flujo de información y materiales. | <ul style="list-style-type: none"> – Diagramas de flujo de procesos. – Cadena de valor. – Información de proveedores y clientes. | Si |
| 5S | Reduce los tiempos de espera, mejora la calidad de los productos. | x | | | Pilar fundamental Lean, brinda resultados rápidos y a bajo costo. | <ul style="list-style-type: none"> – Sistemas de medición. – Disponibilidad de presupuesto. – Disponibilidad de tiempo para implementación. | Si |
| TOC (Teoría de restricciones) | Identifica cuellos de botella y reduce inventarios. | | | x | Equilibra el flujo de producción en lotes. | <ul style="list-style-type: none"> – Producción bajo pedido. | No |
| Kanban | Manejo de los materiales, reduce los desperdicios. | x | | | Controla procesos de forma directa y evita el trabajo innecesario. | <ul style="list-style-type: none"> – Sistemas de medición. – Identificación de procesos y productos. | Si |

Tabla 48. Matriz de selección de herramientas lean para el taller industrial “Shambi e Hijos”, continuación.

| Matriz de selección de herramientas lean para el taller industrial “Shambi e Hijos” | | | | | | | |
|---|---|------------------------------|-------|------|--|--|--------|
| Herramienta | Impacto | Viabilidad de implementación | | | ¿Por qué? | Condiciones del taller | Cumple |
| | | Alta | Media | Baja | | | |
| Kanban | Manejo de los materiales, reduce los desperdicios. | x | | | Controla procesos de forma directa y evita el trabajo innecesario. | <ul style="list-style-type: none"> – Información de proveedores y clientes. – Disponibilidad de presupuesto. – Confiabilidad de máquinas y equipos. | Si |
| Six Sigma | Disminuye los defectos, mejora la calidad del producto. | | x | | Se usa en grandes lotes de producción. | <ul style="list-style-type: none"> – Fabricación bajo pedido. | No |
| Jidoka | Detecta los errores a tiempo mediante automatización, reducción de errores. | x | | | Da seguimiento al producto, incrementa niveles de calidad. | <ul style="list-style-type: none"> – Disponibilidad de presupuesto. – Sistema de control y medición. | No |

Tabla 48. Matriz de selección de herramientas lean para el taller industrial “Shambi e Hijos”, continuación.

| Matriz de selección de herramientas lean para el taller industrial “Shambi e Hijos” | | | | | | | |
|---|---|------------------------------|-------|------|--|---|--------|
| Herramienta | Impacto | Viabilidad de implementación | | | ¿Por qué? | Condiciones del taller | Cumple |
| | | Alta | Media | Baja | | | |
| Jidoka | Detecta los errores a tiempo mediante automatización, reducción de errores. | | x | | Da seguimiento al producto, incrementa niveles de calidad. | – Maquinaria y procesos para automatizar. | No |
| Heijunka | Aumento en el ritmo de trabajo, reduce inventarios y tiempos muertos. | x | | | Da flexibilidad a los procesos, nivela la producción. | – Sistema Kanban ya seleccionado. – Disponibilidad de presupuesto. | No |
| JIT (Justo a tiempo) | Reduce el nivel de inventario, disminuye desperdicios en proceso. | | | x | En talleres los sistemas de producción son bajo pedido. | – Producción bajo pedido. | No |

Tabla 48. Matriz de selección de herramientas lean para el taller industrial “Shambi e Hijos”, continuación.

| Matriz de selección de herramientas lean para el taller industrial “Shambi e Hijos” | | | | | | | |
|---|--|------------------------------|-------|------|---|--|---------------|
| Herramienta | Impacto | Viabilidad de implementación | | | ¿Por qué? | Condiciones del taller | Cumple |
| | | Alta | Media | Baja | | | |
| Celdas de manufactura | Optimiza el uso de recursos. | x | | | Mejora la productividad, adapta los productos al Layout del taller. | <ul style="list-style-type: none"> – Disponibilidad de presupuesto. – Sistema de control y medición. – Sistema ya propuesto teóricamente. | Si (aplicado) |
| Poka yoke | Detección de errores, mediante métodos de advertencia y control. | | x | | Es parte de las herramientas pilares, 5S, Kaizen, TPM, etc. | <ul style="list-style-type: none"> – Disponibilidad de presupuesto. – Herramientas pilares ya seleccionadas. | No |
| SMED | Reducción de tiempos de preparación. | | | x | Se utiliza en sistemas de producción por lotes. | <ul style="list-style-type: none"> – Sistema de producción bajo pedido. | No |

Tabla 48. Matriz de selección de herramientas lean para el taller industrial “Shambi e Hijos”, continuación.

| Matriz de selección de herramientas lean para el taller industrial “Shambi e Hijos” | | | | | | | |
|---|--|------------------------------|-------|------|---|--|--------|
| Herramienta | Impacto | Viabilidad de implementación | | | ¿Por qué? | Condiciones del taller | Cumple |
| | | Alta | Media | Baja | | | |
| TPM (Mantenimiento productivo total) | Reducción de desperdicios, inventario y tiempos. | x | | | Maximiza la eficiencia de las máquinas. | <ul style="list-style-type: none"> – Metodología 5S ya establecida. – Sistema Kaizen ya establecido. – Disponibilidad de presupuesto. – Sistema de mantenimiento básico. | No |
| Kaizen | Promueve el compromiso personal, mejora la calidad de los productos. | x | | | Proporciona retroalimentación de los procesos, incrementa la productividad. | <ul style="list-style-type: none"> – Identificación de procesos y productos. – Disponibilidad y presupuesto. – Compromiso de la gerencia. | Si |

Una vez realizada la matriz de selección de herramientas Lean de acuerdo con los criterios plasmados por el investigador se obtiene las siguientes:

- VSM
- 5S
- Kanban
- Kaizen
- Celdas de manufactura (aplicado)

VSM (Mapeo de la cadena de valor)

Como herramienta de diagnóstico de la casa Lean, el mapeo de la cadena de valor muestra cada uno de los procesos que intervienen en la elaboración de un producto, desde su llegada como materia prima hasta su salida como producto terminado, en este caso dentro de los tres productos estrella del taller industrial Shambi e hijos, en este sentido y como primer punto se debe obtener ciertos datos para su elaboración. Los primeros datos que se deben obtener son las actividades que agregan y no agregan valor, para ello se utiliza la información obtenida dentro del estudio del trabajo, específicamente del estudio de tiempos (Anexo 2), donde se presentan los tiempos de ejecución de cada una de las actividades de los procesos. Seguidamente se deben plasmar los datos individuales de los procesos, flujo de información, takt time, lead time, evento Kaizen con herramientas a implantar.

Estructuras de gran escala

Tabla 49. Tiempos valor agregado y no agregado de estructuras de gran escala.

| TIEMPOS ESTÁNDAR (Valor agregado y no agregado) | | | |
|--|----------------|--|--|
| Estructuras de gran escala | | Tiempo sin valor agregado [min*u] | Tiempo con valor agregado [min*u] |
| N° | Proceso | | |
| 1 | Marcaje | 13.15 | 62.25 |
| 2 | Perforado | 0.38 | 159.94 |
| 3 | Corte | 0.16 | 307.89 |
| 4 | Soldado | 1.59 | 83.09 |
| 5 | Pintado | 3.96 | 180.18 |
| 6 | Soldado | 0.93 | 1107.35 |
| 7 | Grateo | 0.00 | 167.03 |
| 8 | Marcaje | 0.00 | 81.43 |
| 9 | Corte | 0.00 | 258.91 |
| 10 | Soldado | 31.99 | 1095.27 |
| 11 | Grateo | 40.52 | 202.03 |
| 12 | Pintado | 1.92 | 451.80 |

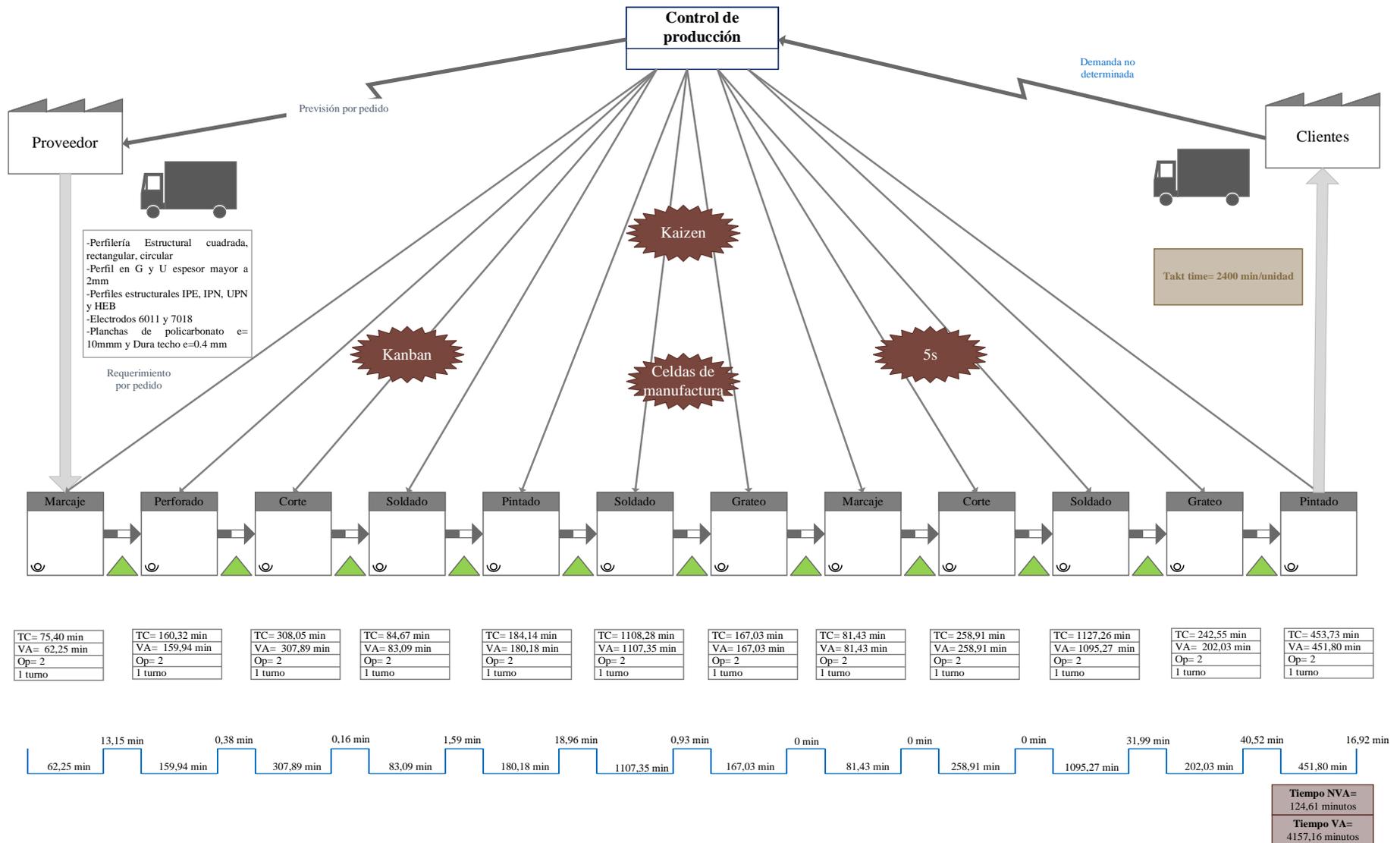


Figura 38. VSM actual proceso elaboración de estructuras de gran escala – celda 1.

De igual forma se realiza para los procesos de los dos productos estrella restantes es decir para las divisiones de baño en acero inoxidable y para las puertas elegantes semi blindadas, de esta forma a continuación en las tablas 50 y 51 se tiene el resumen de las actividades que agregan y no agregan valor para los dos productos, dándose a entender como actividades que agregan valor a todas aquellas que transforman el producto y por las que el cliente está dispuesto a pagar, y las que no agregan valor son aquellas que consumen recursos sin aportar valor alguno. Cabe mencionar que se han incluido los tiempos de espera por secado de pintura en la elaboración de estructuras de gran escala y en el proceso de elaboración de puertas elegantes semi blindadas.

Divisiones de baño en acero inoxidable

Tabla 50. Tiempos valor agregado y no agregado de divisiones de baño en acero inoxidable.

| TIEMPOS ESTÁNDAR | | | |
|--|----------------|--|--|
| Divisiones sanitarias en acero inoxidable | | Tiempo sin valor agregado [min*u] | Tiempo con valor agregado [min*u] |
| N° | Proceso | | |
| 1 | Marcaje | 6.25 | 291.40 |
| 2 | Corte | 37.45 | 294.68 |
| 3 | Doblado | 46.66 | 230.43 |
| 4 | Soldado | 27.38 | 378.35 |
| 5 | Pulido | 0.82 | 148.31 |
| 6 | Lavado | 98.06 | 48.15 |
| 7 | Pulido | 1.12 | 147.70 |
| 8 | Perforado | 0.28 | 375.35 |

Puertas elegantes semi blindadas

Tabla 51. Tiempos valor agregado y no agregado de puertas elegantes semi blindadas.

| TIEMPOS ESTÁNDAR (Valor agregado y no agregado) | | | |
|---|----------------|--|--|
| Puertas elegantes semi - blindadas | | Tiempo sin valor agregado [min*u] | Tiempo con valor agregado [min*u] |
| N° | Proceso | | |
| 1 | Marcaje | 13.83 | 70.53 |
| 2 | Corte | 7.88 | 72.67 |
| 3 | Soldado | 4.13 | 410.33 |
| 4 | Pulido | 17.59 | 35.79 |
| 5 | Grateado | 0.14 | 18.21 |
| 6 | Marcaje | 1.69 | 49.66 |
| 7 | Corte | 32.08 | 93.18 |
| 8 | Doblado | 27.46 | 67.83 |
| 9 | Perforado | 3.11 | 73.62 |
| 10 | Pintado | 3.04 | 348.85 |

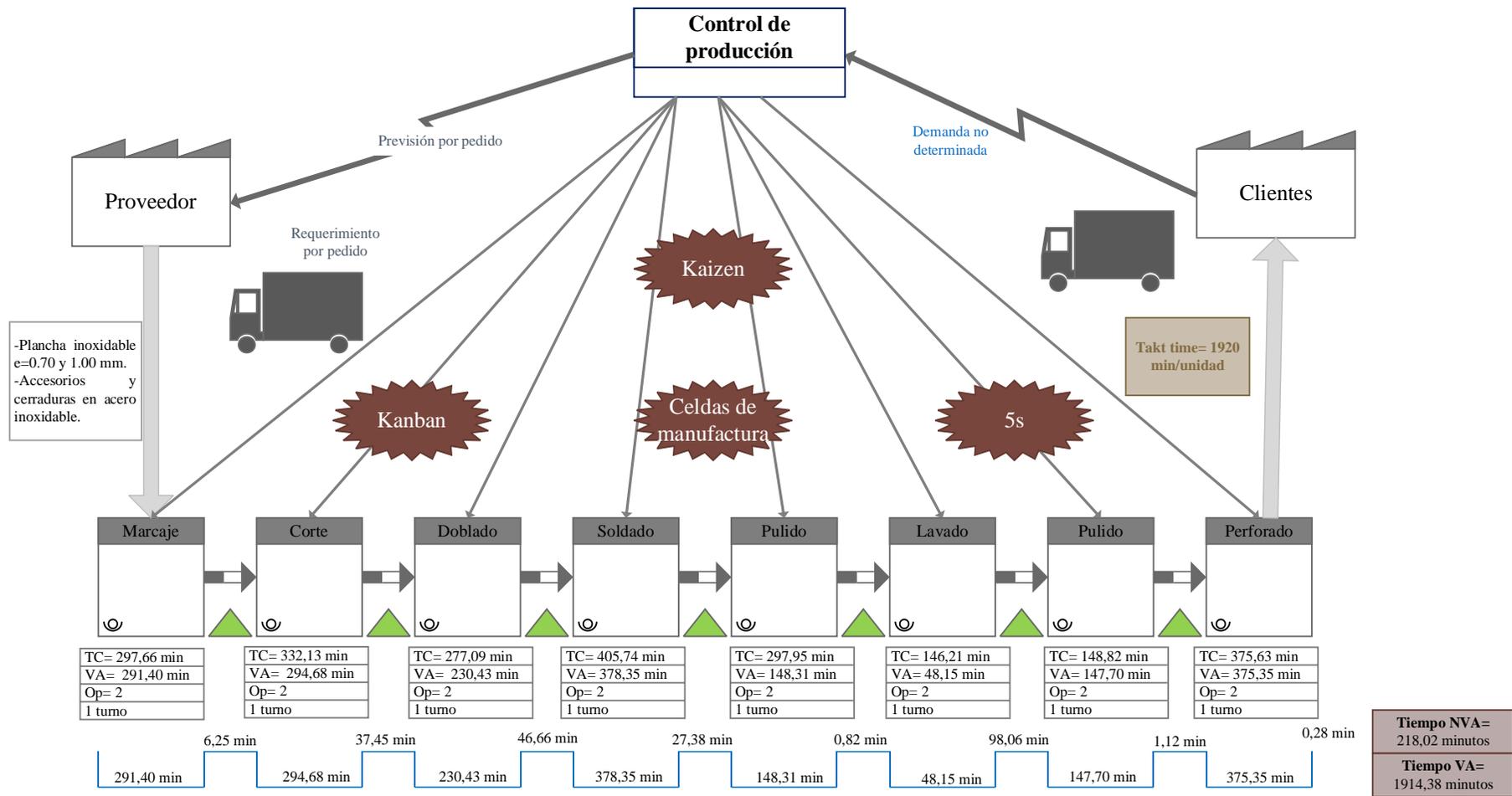


Figura 39. VSM actual proceso elaboración de divisiones de baño en acero inoxidable – celda 2.

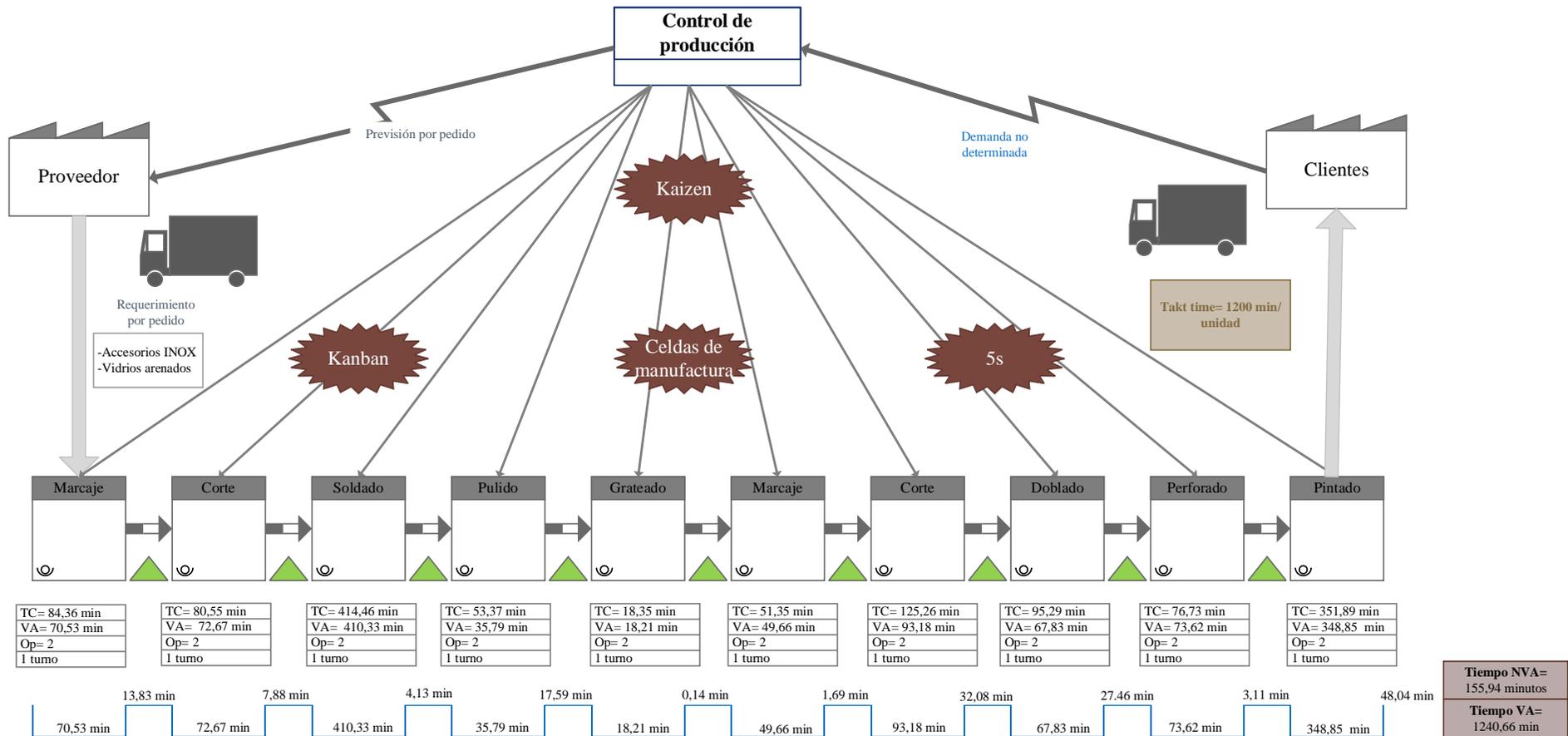


Figura 40. VSM actual proceso elaboración de puertas elegantes semi blindadas – celda 3.

Lead time

Es la suma de las actividades que generan y no generan valor, en este caso se determina el lead time de los tres productos estrella.

Estructuras de gran escala

$$\mathbf{Lead\ time = AVA + ANVA}$$

$$\mathbf{Lead\ time = 4157.16\ min + 124.61\ min}$$

$$\mathbf{Lead\ time = 4281.77\ min}$$

Divisiones de baño en acero inoxidable

$$\mathbf{Lead\ time = AVA + ANVA}$$

$$\mathbf{Lead\ time = 1914.38\ min + 218.02\ min}$$

$$\mathbf{Lead\ time = 2132.40\ min}$$

Puertas elegantes semi blindadas

$$\mathbf{Lead\ time = AVA + ANVA}$$

$$\mathbf{Lead\ time = 1240.66\ min + 155.94\ min}$$

$$\mathbf{Lead\ time = 1396.60\ min}$$

Indicadores de seguimiento del proyecto

Para complementar esta herramienta de diagnóstico se emplean indicadores que brindan seguimiento al proyecto en este caso del Ratio de operaciones, con la finalidad de conocer el porcentaje de actividades que agregan valor al proceso.

Ratio de operaciones

Estructuras de gran escala

$$RO = \frac{\text{Número de operaciones}}{\text{Número total de actividades}}$$

$$RO = \frac{23 \text{ actividades}}{41 \text{ actividades}} \times 100$$

$$RO = 56,09\%$$

Divisiones de baño en acero inoxidable

$$RO = \frac{\text{Número de operaciones}}{\text{Número total de actividades}}$$

$$RO = \frac{25 \text{ actividades}}{35 \text{ actividades}} \times 100$$

$$RO = 71,42\%$$

Puertas elegantes semi blindadas

$$RO = \frac{\text{Número de operaciones}}{\text{Número total de actividades}}$$

$$RO = \frac{34 \text{ actividades}}{48 \text{ actividades}} \times 100$$

$$RO = 70,83\%$$

Interpretación

Al obtener los resultados de los ratios de operación de cada uno de los productos estrella, se aprecia que en las estructuras de gran escala un 56,09% son actividades que realmente transforman al producto, lo cual representa un porcentaje bajo, pues la mitad de ellas consume recursos sin aportar valor alguno al producto final, para el caso de las divisiones de baño en acero inoxidable se tiene un 71,42% de actividades que transforman el producto, es decir se encuentra por arriba del 50%, por último para las puertas elegantes semi blindadas se obtiene un porcentaje de 70,83%, a continuación en la gráficas se puede apreciar de mejor manera los porcentajes obtenidos.

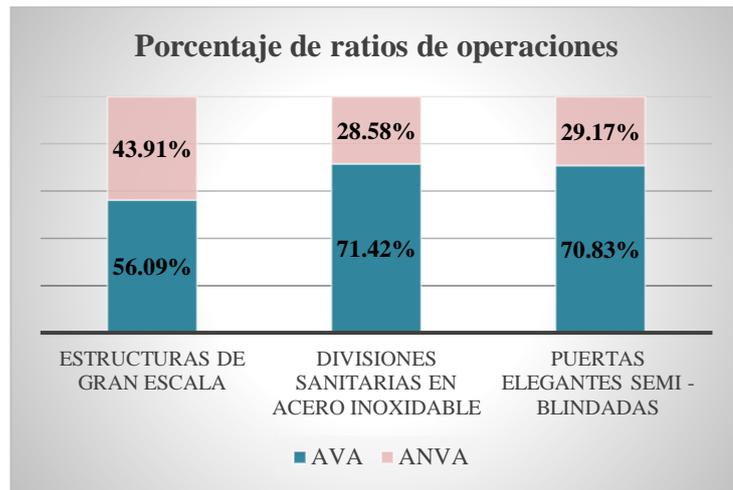


Figura 41. Gráficas de porcentajes de ratios de operaciones de productos estrella.

Metodología 5S

Esta metodología inicia con la adopción de 5 pasos sencillos, pero muy importantes para la organización y limpieza del taller industrial Shambi e hijos, en primer lugar, se debe conocer cuáles son estos 5 pasos para posteriormente adentrarse en cada uno de ellos, entonces las 5 S son: Seiri (Clasificar), Seiton (Ordenar), Seiso (Limpiar), Seiketsu (Estandarizar), Shitsuke (Disciplina), los cuales serán utilizados para la propuesta de mejora dentro del detalla como se detalla a continuación.

Seiri

La primera S inicia con un punto clave, que es el compromiso por parte de la gerencia y a su vez se designará un responsable que quien será el encargado de la aplicación de esta metodología. El segundo paso es determinar que objetos realmente son necesarios para cada actividad y los que no tendrán una acción diferente que permita que estos no irrumpen con las actividades normales o a su vez ocupen espacio destinado para objetos realmente necesarios. Como tercer punto es definir ciertos criterios para clasificar estos objetos, a continuación, en la figura 41 se muestra un diagrama de flujo de decisiones.

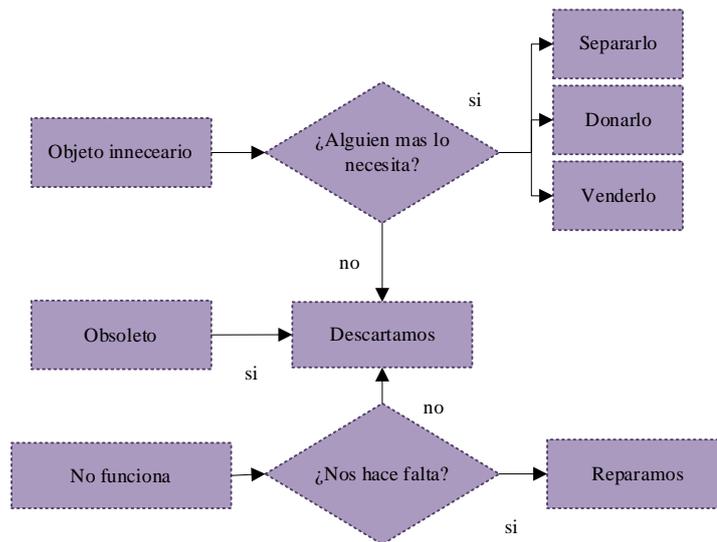


Figura 42. Diagrama de flujo objetos innecesarios.

El siguiente paso es asignar un elemento de control en este caso se asigna la tarjeta roja, la cual sirva para asignar una acción a estos objetos encontrados como innecesarios, de igual forma el responsable ya asignado se hará cargo de asignar estas tarjetas rojas, y asegurándose de que se cumpla la acción correctiva, asignando fecha de cumplimiento, determinando que tipo de objeto innecesario es, en que área se encontró y cuál fue el responsable de dicha acción, a continuación, en la figura 42 se muestra un modelo de tarjeta roja para el taller industrial Shambi e Hijos.

TARJETA ROJA

N°

Fecha Ítem

Área Cantidad

Responsable del área

RAZÓN DE TARJETA

Innecesario Descripción del artículo

Dañado

Obsoleto

ACCIÓN SUGERIDA

Reubicar Otra

Reparar

Eliminar

Comentario

Fecha concluir acción

Figura 43. Tarjeta roja

Como se muestra en la figura 42 se muestra el modelo de tarjeta roja elaborado para el taller industrial Shambi e Hijos compuesta por tres partes, en la primera se incluye la fecha de haber encontrado el objeto innecesario, el ítem encontrado, cantidad, el área y responsable del área, en la segunda parte se encuentra la razón de tarjeta, en este caso si el objeto encontrado se encuentra como innecesario, dañado u obsoleto y a su vez un apartado para la descripción del mismo, por otra parte en la última parte se encuentra la acción sugerida hacia este objeto innecesario siendo estas; reubicar, reparar, eliminar y otra.

Seiton

Una vez que ya se ha tomado una acción correctiva con los objetos encontrados como innecesarios se procede a clasificarlos de manera estratégica, esto de acuerdo con la frecuencia de su uso, es de decir si el uso es diario y para cada actividad el objeto debe estar tan cerca como sea posible del operario y si no es de uso frecuente se debe almacenar en estantes o bodegas debidamente etiquetado.

Estas herramientas u objetos deberán guardarse en lugares visibles para el operador, con sus etiquetas de ser posible que ayuden a obtener control visual de los mismos, ejemplo implementar un tablero de herramientas con contornos.

Para el caso de los equipos de protección personal igualmente debe existir un lugar específico para que estos sean guardados y debidamente identificados por cada operario.

Es necesario también que las áreas se encuentren correctamente delimitadas, por celda y para cada equipo y maquinaria, con el fin de que todo el tiempo se encuentren en el mismo lugar sin interponer el flujo de trabajo y el paso de los trabajadores.

Seiso

Es necesario que las herramientas y las áreas de trabajo se encuentren limpias al empezar y terminar la jornada, con el fin de garantizar la seguridad y salud de los trabajadores, ya que al tratarse de un taller industrial en todo momento van a existir residuos de los materiales, como grasa, aceites, virutas, etc., esto complementando con

el correcto uso de los equipos de protección personal, por ellos se recomienda lo siguiente:

Establecer un programa de limpieza, fijando su procedimiento, los requerimientos, el responsable, fecha de ejecución y observaciones pertinentes.

Destinar un lugar adecuado para depositar los desechos generados dentro del taller industrial.

Establecer un lugar adecuado para el aseo de los operarios al terminar la jornada laboral.

Seiketsu

En este punto garantizará el cumplimiento de las S anteriores estableciendo métodos y procedimientos adecuados.

En la primera S se tenía el uso de las tarjetas rojas para los elementos innecesarios para ello es necesario optar por un listado de tarjetas rojas con la finalidad de su registro, control y seguimiento de estas, a continuación, en la tabla 52 se presenta un modelo de listado de tarjetas rojas.

Tabla 52. Modelo de listado de tarjetas rojas.

| Listado de tarjetas rojas | | | | |
|---|---|---------------|-------------------|----------------------------|
|  | <i>Taller Industrial Shambi e Hijos</i> | | <i>Fecha.....</i> | |
| | <i>N°</i> | <i>Objeto</i> | <i>Área</i> | <i>Fecha de asignación</i> |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Por otra parte, es muy importante la señalética dentro de un taller industrial es por eso por lo que se apuesta por el uso de las mismas en cada una de las áreas, así como también el uso de cintas delimitadoras de los pisos para que identificar lugares seguros,

de alto riesgo, etc. En la tabla 53 se muestra los tipos de señalética que servirán de ayuda para la seguridad de los trabajadores en el taller industrial Shambi e hijos [37].

Tabla 53. Colores de seguridad y señalética.

| <i>Colores de seguridad y señalética</i> | | | |
|--|--------------------|---|---|
| Color de seguridad | Significado | Indicaciones | Símbolo (ejemplos) |
| Rojo | Prohibición | Comportamiento peligroso |   |
| | Peligro-alarma | Alto, parada, desconexiones de emergencia, evacuación |   |
| | Contra incendios | Identificación, localización |   |
| Amarillo | Advertencia | Atención y precaución |    |
| Azul | Obligación | Obligación de uso de EPPS, comportamiento específico |    |
| Verde | Salvamento | Puertas, salida |  |
| | Seguridad | Normalidad |  |

Es importante también delimitar los pisos del taller industrial, ya que con este tipo de señal será más fácil la identificación de las áreas y su delimitación en cuanto a donde deben estar ubicadas las máquinas y herramientas necesarias para la producción, y a su vez las áreas transitables por el personal, en las figuras 43, 44 y 45 se muestran los Layouts propuestos de los productos estrella con la señalética de pisos y de advertencias [37].

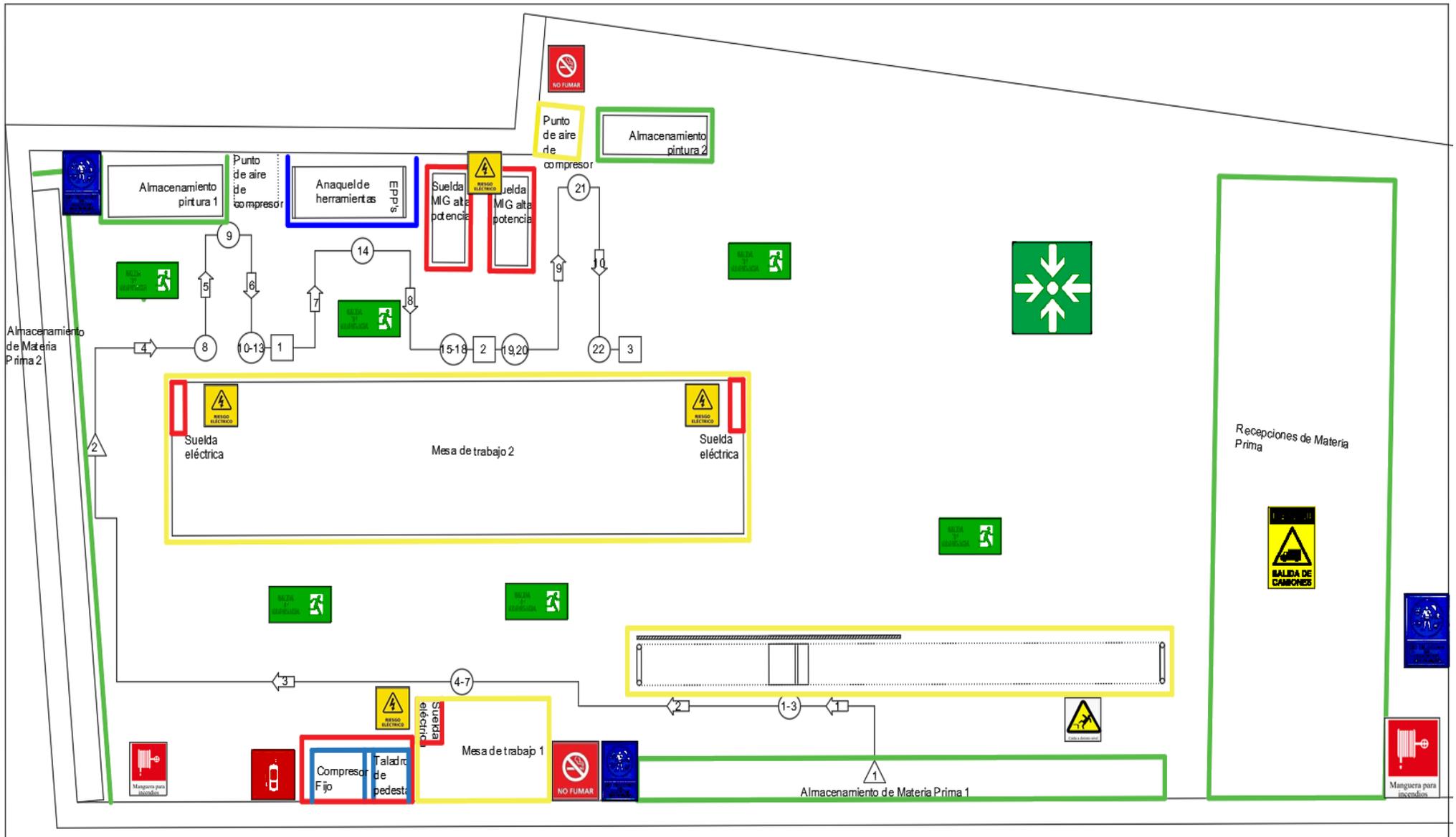


Figura 44. Layout de celda 1 estructuras de gran escala con señalética.

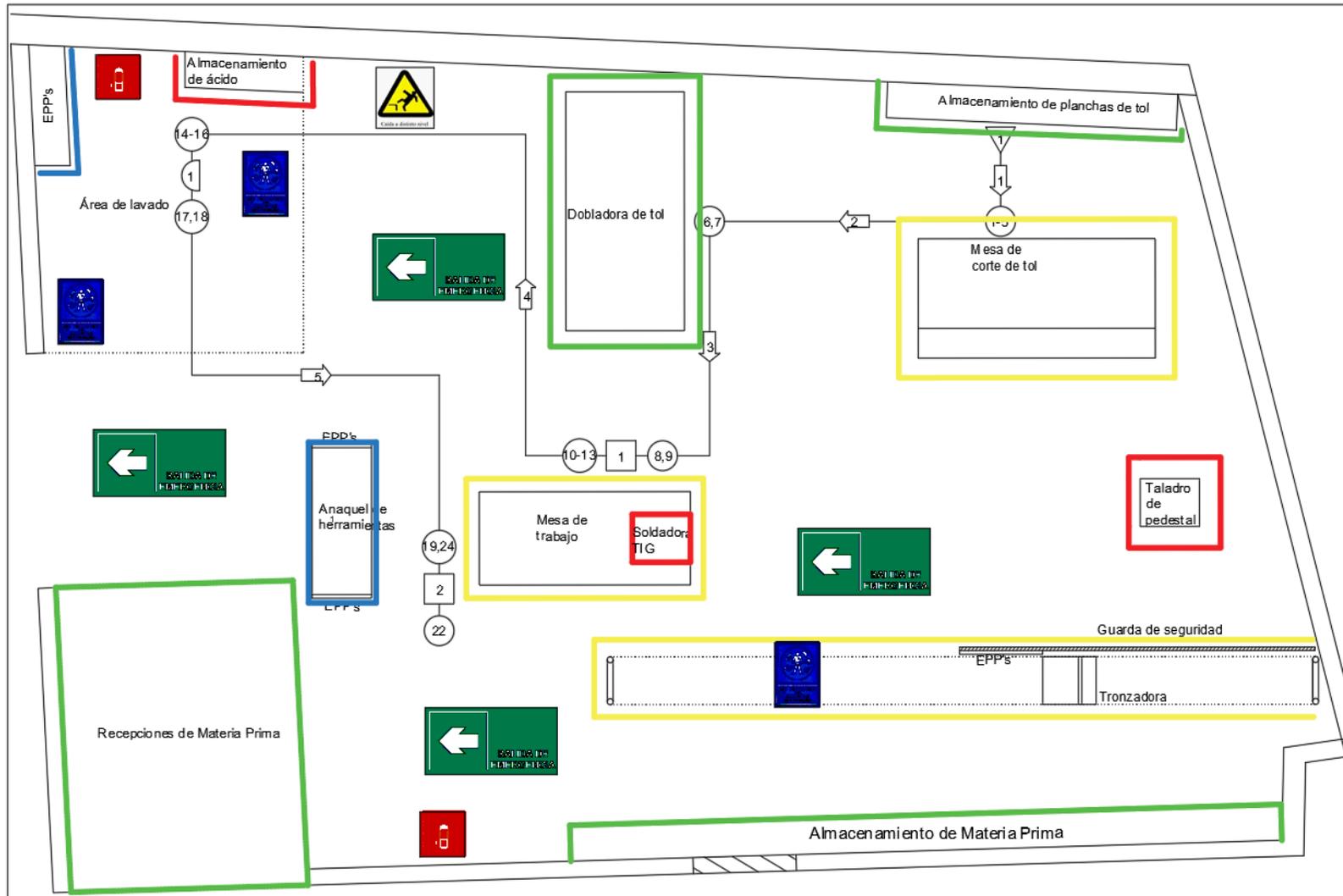


Figura 45. Layout de celda 2 divisiones sanitarias en acero inoxidable.

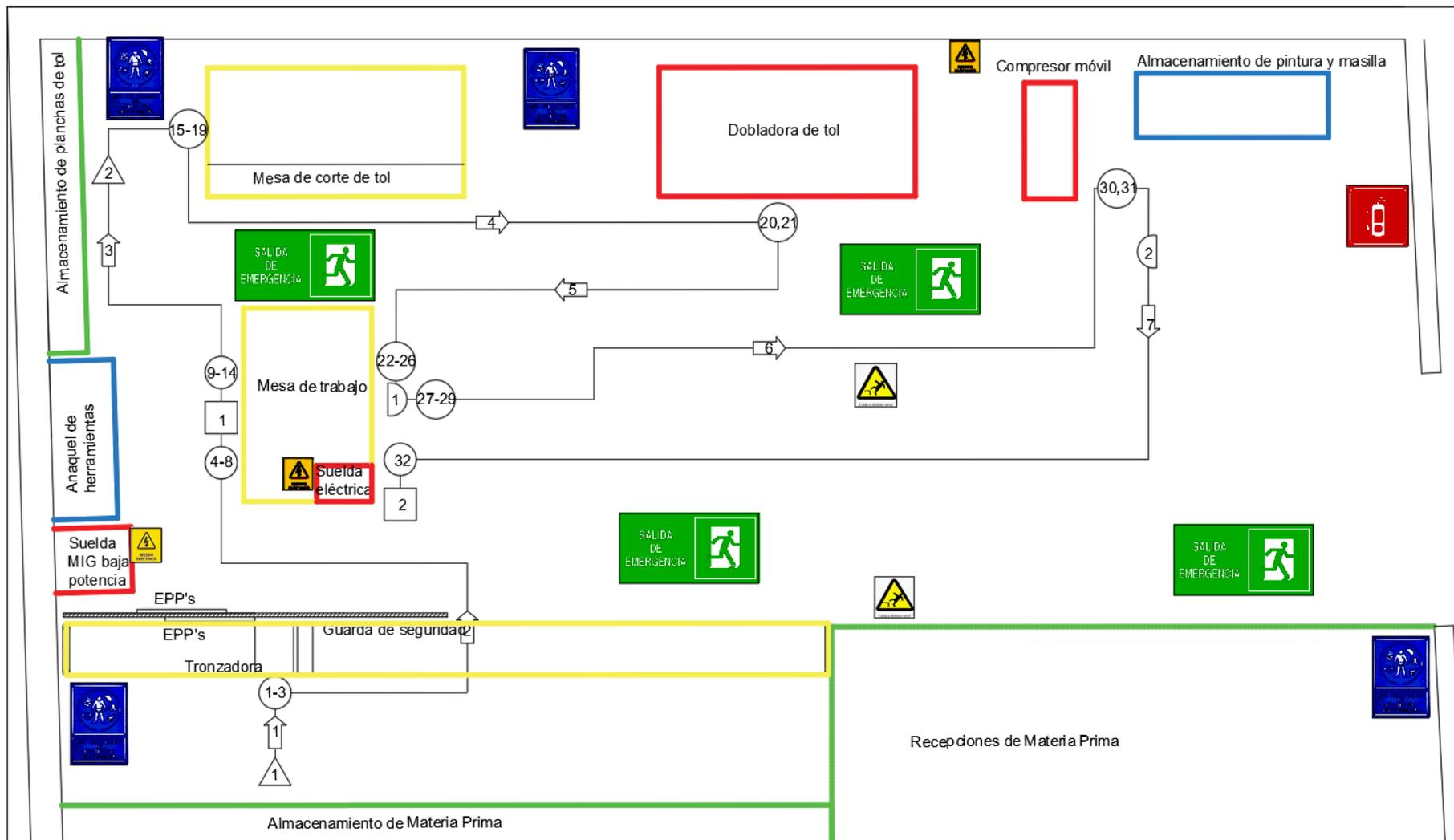


Figura 46. Layout de celda 3 puertas elegantes semi blindadas.

Shitsuke

Para garantizar el cumplimiento de las cuatro primeras S se debe crear una cultura de cambio en el taller industrial, para ello se debe cumplir los siguientes aspectos:

- Se debe realizar revisiones periódicas de las herramientas aplicadas en el taller industrial, para verificar el cumplimiento y compromiso de los operarios.
- Los cambios que se hayan dado dentro de la planta deben ser publicados para el conocimiento de todos, y a su vez que sirvan como motivación para la mejora continua.
- Para registrar los cambios realizados y el avance de esta metodología se debe realizar una auditoria periódicamente, en la tabla 54 se muestra un modelo de auditoria 5S.

Tabla 54. Modelo auditoría 5S.

|  | | AUDITORIA 5S | | | | |
|---|-----------|---------------------------------|-------------------|--|--------------------|---------------------|
| Área: | | | | Calificación | | |
| Fecha: | | | | Responsable: | | |
| Criterio de calificación | | | | | | |
| 0= muy malo | | 1=malo | 2= regular | 3=bueno | 4=Muy bueno | 5=Excelente |
| 5S | Nº | Clasificar | | Criterio-Evaluación | | Calificación |
| Seiri | 1 | Materia prima y materiales | | Niveles adecuados | | |
| | 2 | Maquinaria | | Se encuentran a la mano | | |
| | 3 | Herramientas | | Solo las necesarias | | |
| | 4 | Información visible | | Se encuentran actualizados | | |
| Total | | | | | | |
| 5S | Nº | Clasificar | | Criterio-Evaluación | | Calificación |
| Seiton | 1 | Área de Trabajo | | Maquinaria y equipos en lugar correcto | | |
| | 2 | Señalización de pasillos | | Son claros y se entienden | | |
| | 3 | Control visual | | Señales y tableros | | |
| | 4 | Almacenamiento Epps | | Correcto almacenamiento | | |
| Total | | | | | | |
| 5S | Nº | Clasificar | | Criterio-Evaluación | | Calificación |
| Seiso | 1 | Equipos y máquinas | | Limpieza, inspección | | |
| | 2 | Herramientas | | Limpieza, inspección | | |
| | 3 | Áreas | | Limpieza, inspección | | |
| | 4 | Limpieza por parte de operarios | | Limpieza e inspección frecuente | | |
| Total | | | | | | |

Tabla 54. Modelo auditoría 5S, continuación.

|  AUDITORIA 5S | | | | | | |
|---|----|--------------------------|------------|-------------------------|-------------|--------------|
| Área: | | | | Calificación | | |
| Fecha: | | | | Responsable: | | |
| Criterio de calificación | | | | | | |
| 0= muy malo | | 1=malo | 2= regular | 3=bueno | 4=Muy bueno | 5=Excelente |
| 5S | Nº | Clasificar | | Criterio-Evaluación | | Calificación |
| Seiketsu | 1 | Seguridad | | Uso de EPPS | | |
| | 2 | Procedimientos | | Actualizados | | |
| | 3 | Control visual | | Señalización clara | | |
| | 4 | Trabajo estándar | | Cumplen procedimientos | | |
| Total | | | | | | |
| 5S | Nº | Clasificar | | Criterio-Evaluación | | Calificación |
| Shitsuke | 1 | Área de trabajo | | Operador responsable | | |
| | 2 | Control de documentación | | Documentos actualizados | | |
| | 3 | Actitud- operador | | Compromiso | | |
| | 4 | Cumplimiento de normas | | Responsabilidad | | |
| Total | | | | | | |
| Total, 5S | | | | | | |

Kanban

Para el uso de las tarjetas de señales Kanban dentro del taller industrial Shambi se debe conocer su funcionamiento, de esta forma estas tarjetas se emplean para controlar lo que se produce su cantidad y tiempo, es decir se emplea la producción de sistema Pull.

Para su implementación y siendo para un taller industrial se requiere el uso de un tablero y dichas tarjetas ya elaboradas a conveniencia del taller, el método que se debe perseguir para el buen funcionamiento de Kanban dentro del taller industrial Shambi e Hijos es el siguiente:

- No enviar productos defectuosos a la siguiente actividad o proceso, este debe ser detectado a tiempo y eliminar la causa raíz del mismo.
- El proceso que continúa deberá solicitar solo lo necesario y en el momento adecuado.
- No se debe producir más de lo que se solicita en la tarjeta Kanban.
- Se debe evitar las especulaciones, es decir producir de más o porsiacaso.

Para el taller industrial Shambi e hijos se propone el uso de tres tarjetas Kanban las cuales se presentan en las tablas 55, 56, y 57.

1. Kanban para producción, la cual autoriza la cantidad de productos, hará la función de una orden de fabricación.

Tabla 55. Tarjeta Kanban producción.

|  Kanban producción | |
|--|--|
| Proceso: | |
| Cantidad para producir: | |
| Nombre de la pieza (parte): | |
| Descripción: | |
| Operario: | |
| Fecha de producción: | |

2. Kanban para transporte, esta va a informar de un proceso al otro la necesidad correcta de material para su correcto abastecimiento.

Tabla 56. Tarjeta Kanban transporte.

|  Kanban transporte | |
|--|--|
| Proceso: | |
| Código de pieza (parte): | |
| Nombre de pieza (parte): | |
| Capacidad: | |
| Proceso anterior: | |
| Proceso posterior: | |

3. Kanban de entregas, este informa la necesidad de transportar producto terminado, ya que el tiempo de entrega es primordial.

Tabla 57. Tarjeta Kanban entregas.

| Kanban proveedor | |
|---|-----------------|
|  | Proceso: |
| Código de producto: | |
| Capacidad: | |
| Desde --- proceso: | |
| Hacia --- proceso: | |
| Vehículo o contenedor: | |

Kaizen

Considerada una filosofía que muestra cambios a partir del compromiso de las partes involucradas Kaizen es una herramienta de mejora continua que se incluye en esta propuesta para la mejora del taller industrial Shambi e Hijos.

Antes de su implementación se debe considerar algunos aspectos los cuales serán tratados a manera de propuesta dentro de esta investigación, el impacto que este logre dentro del taller industrial dependerá de que tan involucrados este todo el personal.

- Se requiere adiestrar a la alta dirección con respecto a la temática presente, no solo la debe conocer si no también comprender la importancia de utilizar esta herramienta.
- Dar seguimiento y control, con el propósito de que esta herramienta perdure con el tiempo y se convierta en cultura del taller, el seguimiento va desde mensual hasta anual.

- El personal debe ser capacitado constantemente, además se puede brindar incentivos por el cumplimiento de los objetivos ya planteados, no necesariamente deben ser económicos.
- Se requiere repetir el ciclo de mejora continua PHVA.

Pasos a seguir:

1. Escoger el área para la implementación como plan piloto, así como también dependerá de los objetivos propuestos en el taller.
2. Formar un equipo de trabajo, el equipo debe estar formado por personas de cada área del taller, con el objetivo de que se aporten ideas en base a su conocimiento y experiencia
3. Obtener información y luego analizarla, esto se lo realiza mediante herramientas de análisis como diagramas de Pareto, de Ishikawa, histogramas, etc., posterior a ello se analiza la información encontrada, se identifica la causa raíz, variables, etc.
4. Analizar los detalles y problemas encontrados en el área, en este caso el equipo de trabajo debe acudir al lugar de los hechos y observar a detalle el proceso para así identificar los problemas más comunes y como se producen.
5. Proponer y brindar soluciones, se lo realiza en consenso, la aportación de ideas y soluciones es importante recibirlas de todo el personal.

Una vez obtenidas se debe fijar fecha de cumplimiento y también designar a los encargados de su ejecución.

6. Dar seguimiento, esto permitirá controlar el comportamiento de los problemas ya analizados, si hay el caso en el que el paso anterior no se cumplió y no brindo soluciones que eliminaron los problemas se debe regresar al paso 4 para que se planteen mejores soluciones.

7. Trabajo estandarizado, ante las soluciones se debe convertir en un proceso único estandarizado y fijado como ideal para ser seguimiento a su vez se debe documentar a manera de manuales.

3.1.12 Simulación de la propuesta

La verificación de la propuesta de distribución obtenida, se la realiza mediante la herramienta Flexsim, para lo cual se establece una serie de pasos a seguir descritos a continuación.

Primer paso

Se importa en Flexsim el Layout de la propuesta y el actual realizados en AutoCAD según las escalas correspondientes como se puede evidenciar en ANEXO 7, en la figura 46 y 47 se establece la vista 2D de la propuesta y la situación actual respectivamente, dividiendo las celdas según el área requerida para cada una de ellas.

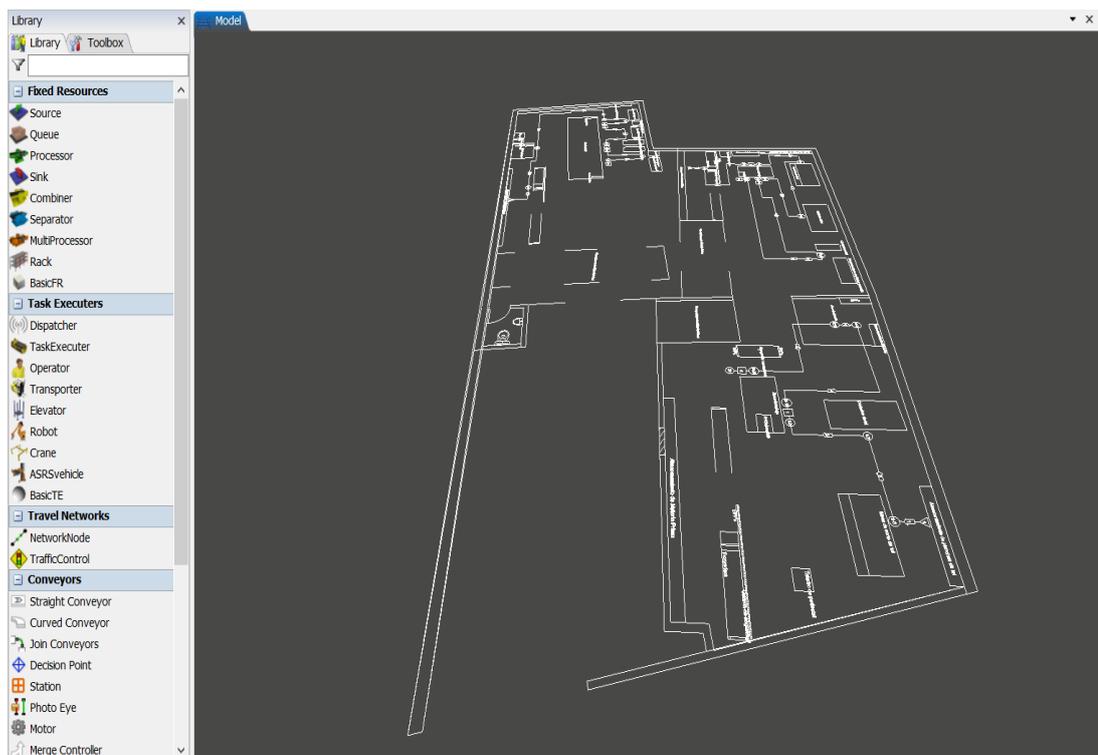


Figura 47. Layout 2D de la propuesta en Flexsim

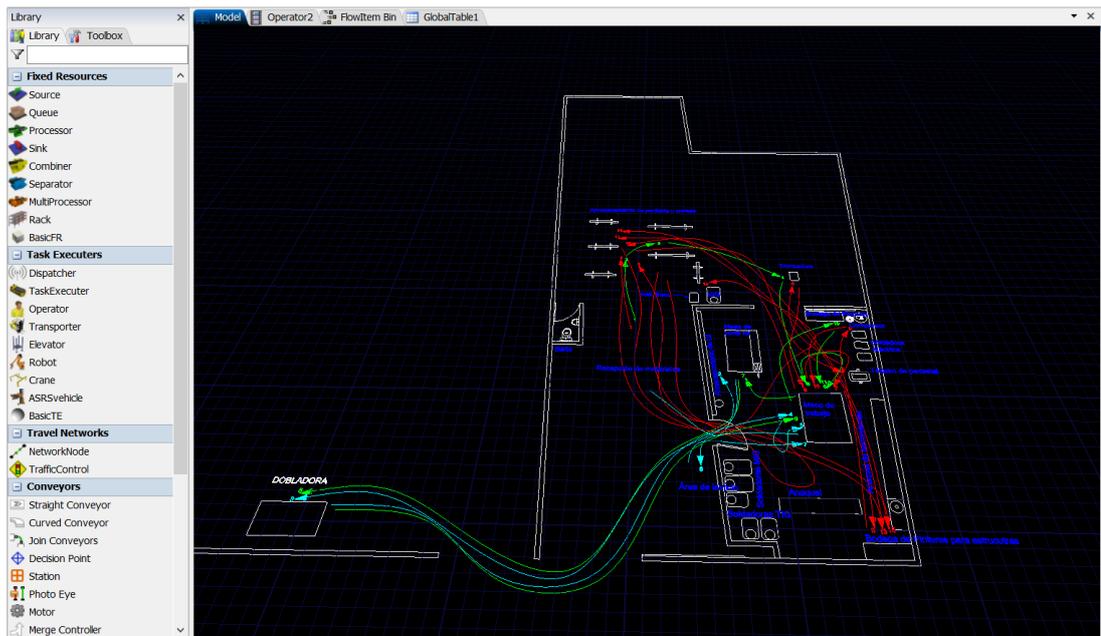


Figura 48. Layout 2D de la situación actual en Flexsim

Segundo paso

Se procede a la creación del proyecto utilizando los sourcers, queues, processors, sinks y separators, los cuales no ayudan a crear las entradas, salidas, procesos y dar un ambiente tridimensional a la simulación como se observa en la figura 48 y 49.



Figura 49. Layout 3D de la propuesta en Flexsim

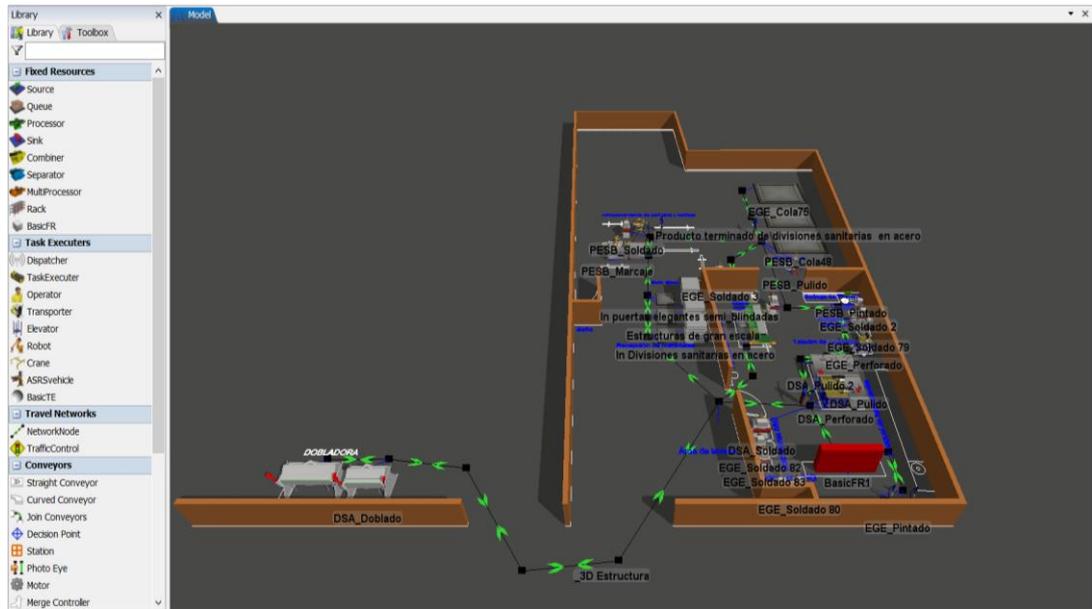


Figura 50. Layout 3D de la situación actual en Flexsim

Tercer paso

Se establece los recorridos y tiempos de cada proceso dentro de la simulación actual y propuesta evidenciado en la figura 50, se utiliza el tiempo estándar determinado en el estudio de tiempos para cada uno de los procesos que existen en el taller como se observa en la figura 51.

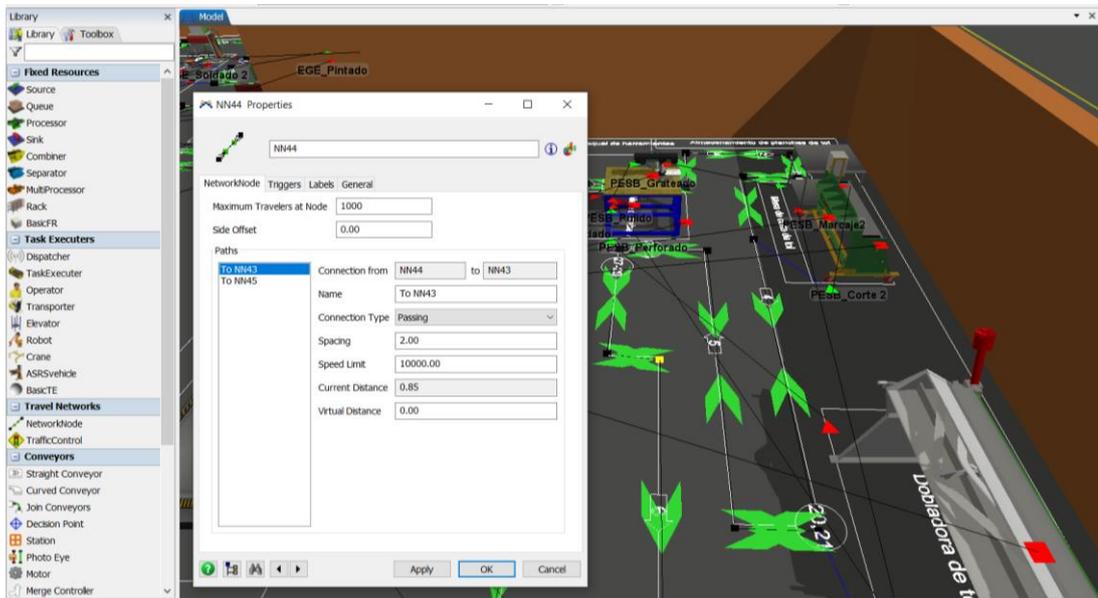


Figura 51. Asignación del recorrido del personal en Flexsim

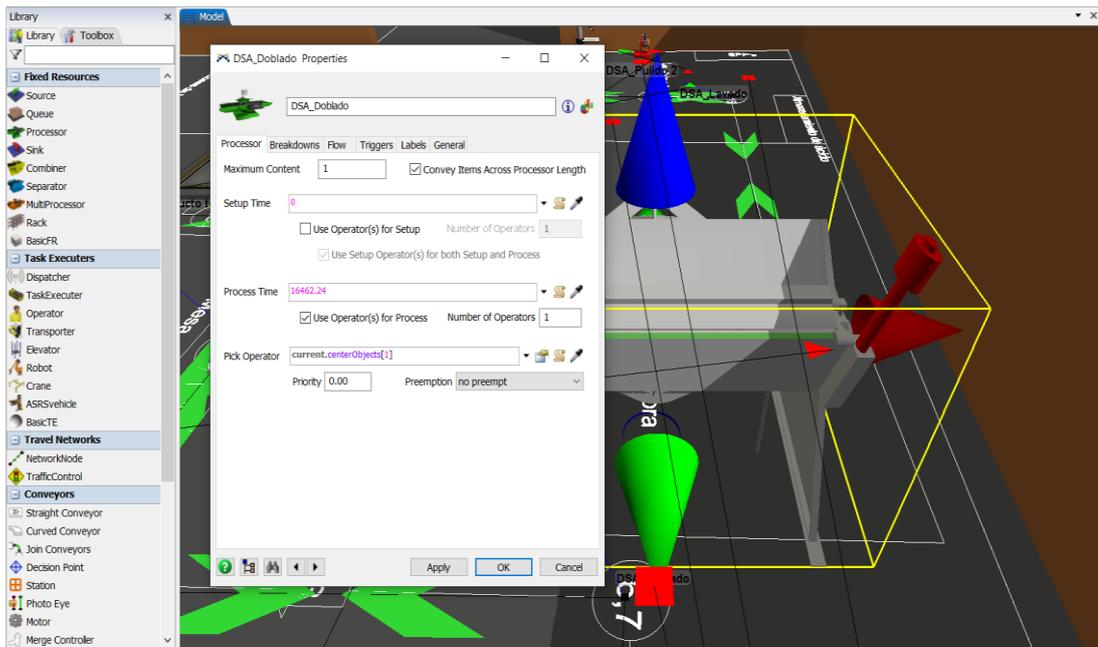


Figura 52. Asignación del tiempo de procesamiento en Flexsim.

La unión de los elementos acorde al proceso de cada celda se lo realiza mediante la letra “A” para enlazar elementos fijos, asignando las entradas y salidas de cada uno de ellos, mientras que con la letra “S” se enlaza los elementos móviles de la simulación, como se muestra en la figura 52.



Figura 53. Unión de elementos y procesos en Flexsim.

Cuarto paso

Generamos unas tablas de resultados con Global Table donde permita evidenciar el tiempo total de procesamiento en cada celda y la distancia recorrida por el personal para la generación de una unidad de producto como se observa en la figura 53 y 54.

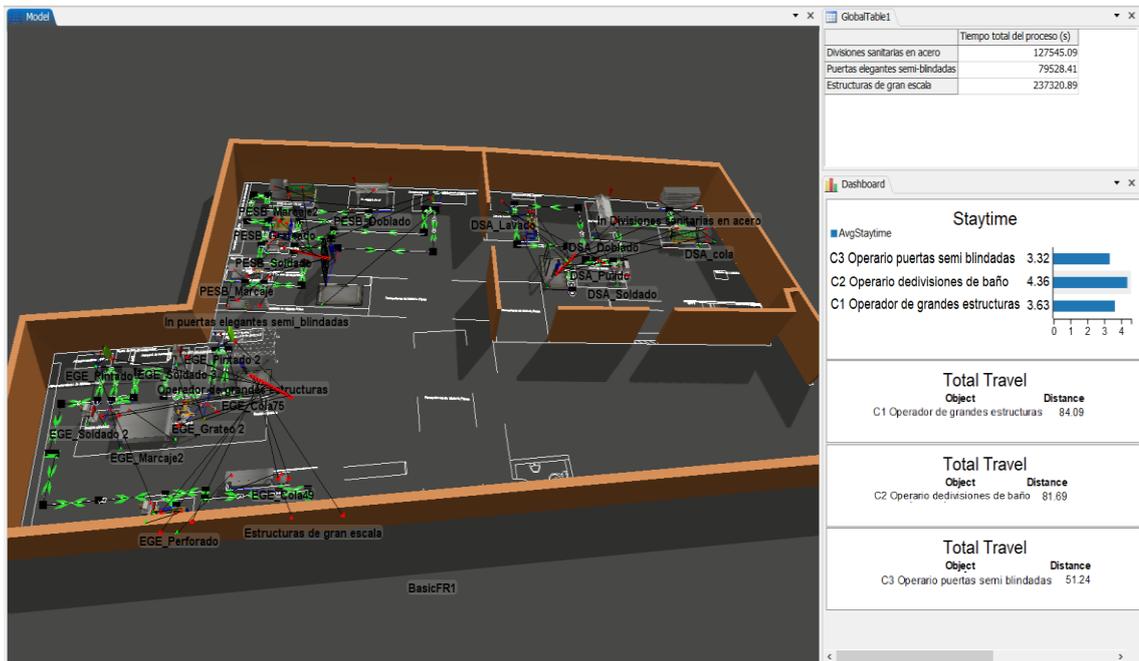


Figura 54. Resultados de la distribución propuesta.

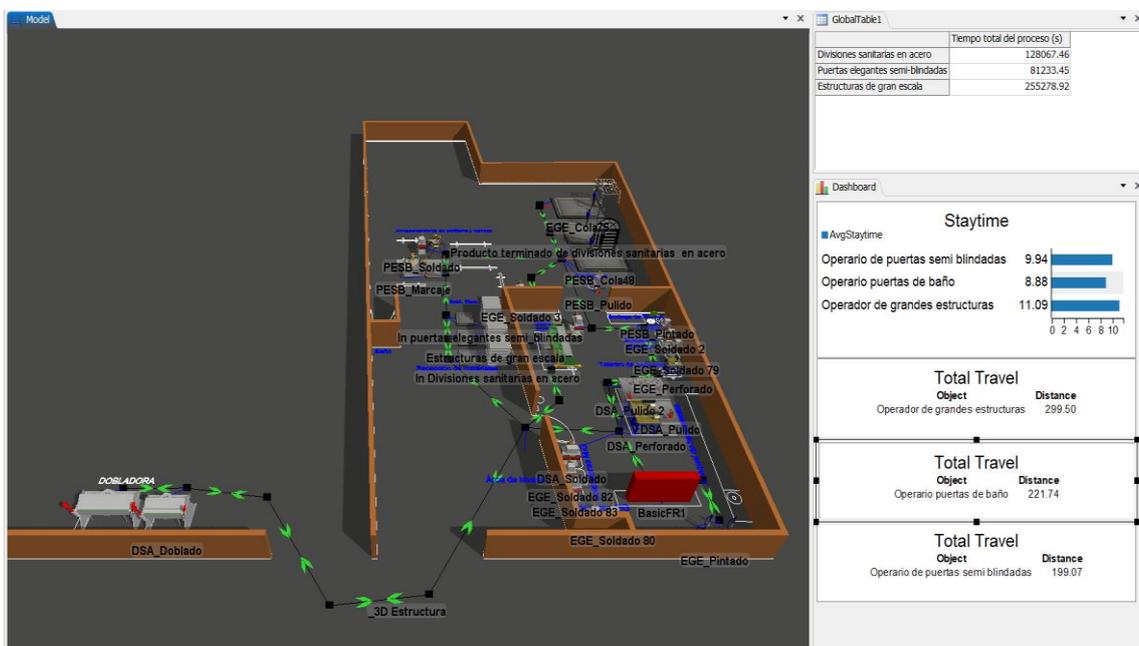


Figura 55. Resultados de la distribución actual.

Interpretación de resultados

Los resultados obtenidos por la simulación se evidencian en la figura 55 y 56 para la propuesta y la situación actual respectivamente.

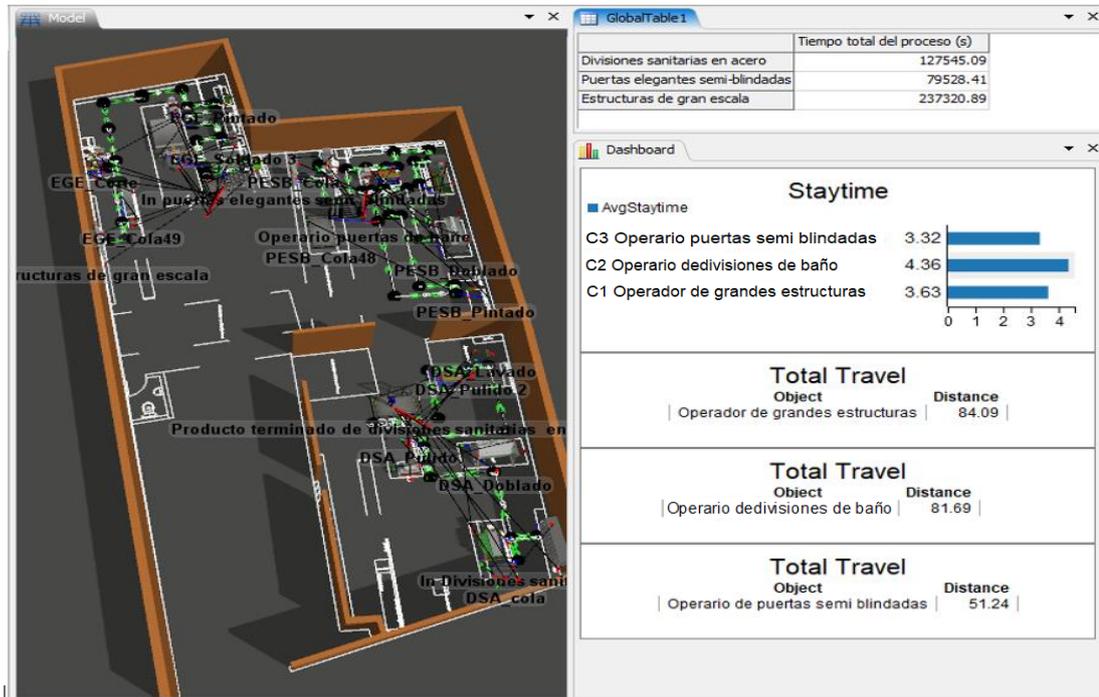


Figura 56. Resultados para análisis de la propuesta.

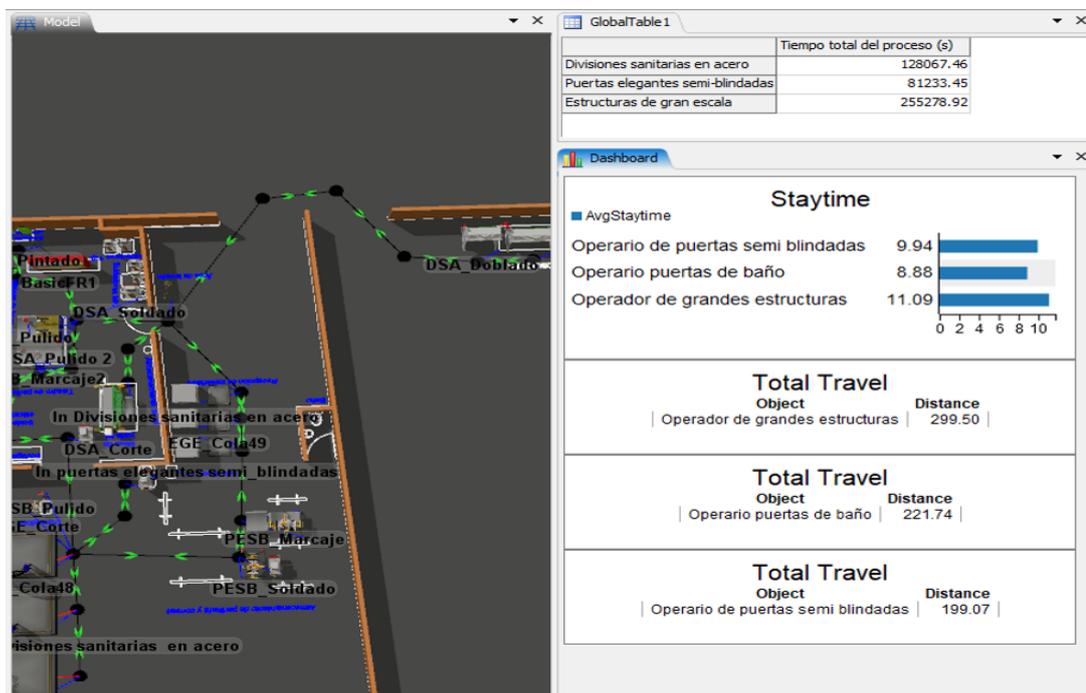


Figura 57. Resultados para análisis de la situación actual.

Para comparar los resultados de los datos recopilados en la simulación se los resume en la tabla 58 y 59 donde se comparan los tiempos de procesamiento de cada producto estrella y las distancias recorridas en cada una de las simulaciones para cada celda de manufactura en el caso de la propuesta.

Tabla 58. Comparación de tiempos de simulación

| Análisis de tiempo de procesamiento Actual vs Propuesto | | | | | | |
|--|--------------------------------|--------------|------------------|--------------|---------------------|------------------------------|
| Productos | Tiempo de procesamiento | | | | Comparación | |
| | Actual | | Propuesto | | Ahorro [min] | Porcentaje de Mejoras |
| | [s] | [min] | [s] | [min] | | |
| Divisiones sanitarias en acero inoxidable | 128067.46 | 2134.46 | 127545.09 | 2125.75 | 8.71 | 0.408% |
| Puertas elegantes semi blindadas | 81233.45 | 1353.89 | 79528.41 | 1325.47 | 28.42 | 2.099% |
| Estructuras de gran escala | 255278.92 | 4254.65 | 237320.89 | 3955.35 | 299.30 | 7.035% |

Tabla 59. Comparación de distancias de simulación

| Análisis de distancia de procesamiento Actual vs Propuesto | | | | |
|---|-------------------|----------------------|---------------|------------------------------|
| Productos | Actual [m] | Propuesto [m] | Ahorro | Porcentaje de Mejoras |
| Divisiones sanitarias en acero inoxidable | 221.74 | 81.69 | 140.05 | 63.16% |
| Puertas elegantes semi blindadas | 199.07 | 51.24 | 147.83 | 74.26% |
| Estructuras de gran escala | 299.50 | 84.09 | 215.41 | 71.92% |

Para observar de una forma gráfica se ingresan los datos en gráficas comparativas como se puede observar en la figura 57 y 58 las cuales corresponden a las distancias recorridas y tiempo empleado respectivamente.

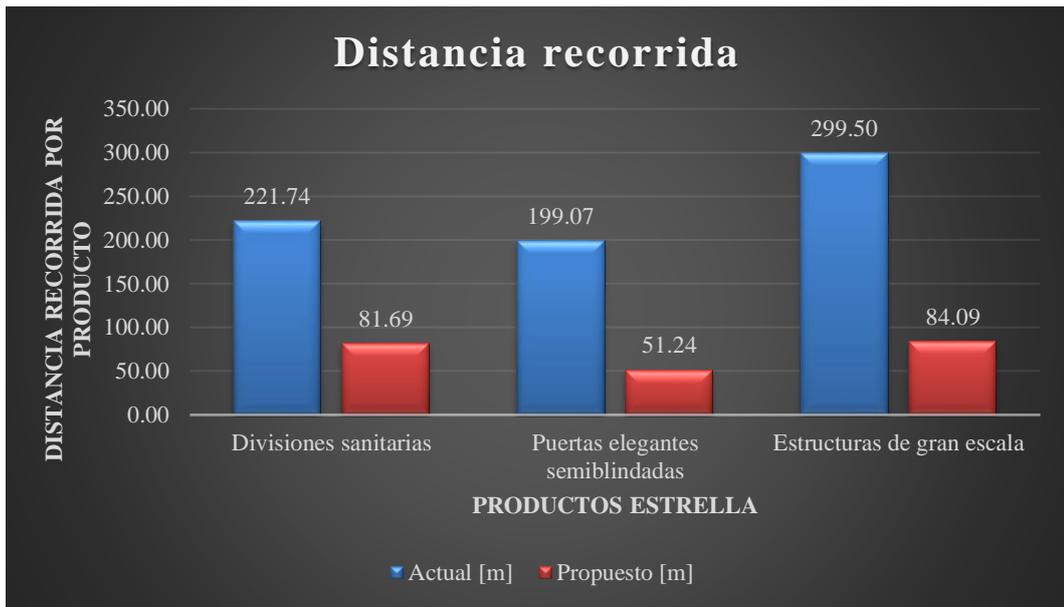


Figura 58. Comparación gráfica de distancias recorridas.



Figura 59. Resultados para análisis de la situación actual.

Mediante las gráficas se puede observar que la distribución propuesta muestra una mejora notable en cuanto a las distancias que se recorre dentro del proceso de producción con un promedio de 69.87% de mejora entre los tres productos, mientras que en el tiempo de procesamiento se evidencia una mejora promedio aceptable del 4.35%, además se determina que en el producto que genera mayores ingresos al taller, las estructuras de gran escala, se logra conseguir el mayor porcentaje de mejoras en distancia con el 71.92% y con una mejora en tiempo del 7.04%.

3.1.13 Cálculo del retorno de la inversión propuesta

Todo proyecto a futuro debe establecer costos tentativos de inversión, así como también el retorno de la misma, de esta forma se conocerá los requerimientos y necesidades monetarias para la realización del proyecto a futuro, el taller industrial Shambi e hijos está dispuesto a invertir en la nueva distribución del emplazamiento actual, es por eso por lo que a continuación se utiliza el punto de equilibrio como herramienta de ingeniería industrial para su cálculo.

Para efectuar este cálculo se hará el uso de la siguiente ecuación:

$$PE_{ventas} = \frac{CF}{1 - \frac{CVT}{VT}} \quad (13)$$

Donde:

CF= costos fijos

CVT= costo variable total

VT= Ventas totales

En primer lugar, se debe tener en cuenta los costos fijos de esta inversión, de este modo a continuación en la tabla 60 se muestran los costos fijos tentativos de esta inversión.

Tabla 60. Costo de inversión.

| Costos fijos | |
|--------------------------|---------------------|
| Estructura | \$ 8.000,00 |
| Obra civil | \$ 3.000,00 |
| Instalación eléctrica | \$ 3.500,00 |
| Instalación neumática | \$ 2.500,00 |
| Señalización y seguridad | \$ 1.000,00 |
| Mesas y anaqueles | \$ 1.500,00 |
| Pago de créditos | \$ 2.580,00 |
| Total inversión | \$ 22.080,00 |

Los costos variables de la inversión se presentan en la siguiente tabla 61.

Tabla 61. Costos variables anuales.

| Costos Variables | |
|-------------------------|---------------------|
| Mano de obra | \$ 22.475,02 |
| Materiales directos | \$ 40.455,03 |
| Otros gastos indirectos | \$ 5.000,00 |
| Servicios básicos | \$ 200,00 |
| Transporte | \$ 1.770,25 |
| Total inversión | \$ 69.900,30 |

Por último, se necesita las ventas totales, en ese sentido se obtiene un estimado de las ventas de 3 años anteriores con los cuales se obtendrá el promedio de las mismas, para ello en la tabla 62 se muestra un resumen de las ventas totales.

Tabla 62. Ventas anuales.

| Ventas anuales | |
|-------------------------|---------------------|
| Ventas año 2018 | \$203.534,59 |
| Ventas año 2019 | \$ 45.574,14 |
| Ventas año 2020 | \$ 20.591,50 |
| TOTAL | \$269.700,23 |
| Promedio por año | \$ 89.900,08 |

Ya con los datos requeridos por la ecuación, se procede a aplicarla.

$$PE_{ventas} = \frac{\$22.080,00}{1 - \frac{\$69.900,30}{\$89.900,08}}$$

$$PE_{ventas} = \$ 99.250,81$$

Ya obtenido el punto de equilibrio de \$ 99.250,81 partiendo de los costos de inversión del proyecto y el total de ventas en promedio de tres años anteriores, este valor indica las ventas que debe lograr la empresa para cubrir sus costos de inversión.

El paso final es determinar el tiempo de recuperación el cual se lo obtiene al realizar el último cálculo de la siguiente forma:

$$\text{T tiempo de recuperaci3n} = \frac{\$ 99.250,81}{\$ 89.900,08}$$

$$\text{T tiempo de recuperaci3n} = 1,10 \text{ a\~nos}$$

T tiempo de recuperaci3n = 1 a\~no, 1 mes y 6 d\~as.

El tiempo de recuperaci3n de la inversi3n para la nueva planta del taller industrial Shambi e hijos se estima que sea en 1 a\~no, 1 mes y 6 d\~as como se explica en la tabla 63.

Tabla 63. Detalle de movimiento de caja anual.

| | TIEMPO [A\~NOS] | | |
|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Inversi3n total | \$ 22,080.00 | \$ - | \$ - |
| Costos Anuales | \$ 69,900.30 | \$ 69,900.30 | \$ 69,900.30 |
| Costos Totales Anuales | \$ 91,980.30 | \$ 69,900.30 | \$ 69,900.30 |
| Ingresos Anuales | \$ 89,900.08 | \$ 89,900.08 | \$ 89,900.08 |
| Utilidad Anual | \$ -2,080.22 | \$ 19,999.78 | \$ 19,999.78 |

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- En base a la recopilación de la información en las instalaciones del Taller Industrial Shambi e Hijos, se logró conocer la variedad de productos que se fabrican y los procesos que se requieren para su producción, identificando varias falencias al momento de fabricarlos, entre las más destacadas se encuentran el caos generado por una falta de distribución apropiada, la no estandarización de sus procesos, la falta de metodología para fabricar sus productos y el no aprovechamiento de sus espacios disponibles, además se clasifica a los productos en base a su tipo de diseño y materiales de fabricación estableciendo tres categorías en donde mediante un diagrama ABC se identificó sus productos estrella en cada una de ellas como son las estructuras de gran escala para la categoría de estructuras, divisiones sanitarias en acero inoxidable para los productos en acero inoxidable y las puertas elegantes semi blindadas para los productos de cerrajería.
- Mediante el estudio de tiempos y movimientos se determinó el tiempo estándar para cada proceso de los tres productos estrella en las tres categorías, en donde las estructuras de gran escala poseen un tiempo estándar de 4251.76 minutos y su proceso limitante es el soldado ya que se repite dos veces con los mayores tiempos de procesamiento con 1108.28 y 1127.26 minutos, para las divisiones en acero inoxidable se estableció un tiempo estándar de 2132.40 minutos y su proceso limitantes también es el soldado con 405.74 minutos y finalmente para las puertas elegantes semi blindadas se estableció un tiempo estándar de 1351.61 minutos con su proceso limitante soldado con 414.46 minutos, por lo que se determina que el procesos que rige la producción de los productos estrella es el soldado.
- Con el análisis efectuado a los procesos de los productos estrella del taller se procedió a realizar una matriz de ponderación que relaciona los principios de

distribución de planta y los tipos de distribución existentes, dando como resultado que la distribución más idónea para el taller es por celdas de manufactura, a partir del algoritmo de ordenamiento por categorías (OAC) se crea dos agrupaciones celulares y mediante el algoritmo heurístico se determina la mejor con 78.9% de eficacia, aquí se agrupan los productos en las tres categorías antes mencionadas.

- Se determinó el espacio requerido para cada celda con el método de Guerchet y se procedió al diseño de los layout de cada celda con dos propuestas para cada una de ellas teniendo en cuenta la distribución flexible en “U”, evaluándolas mediante el método de carga distancia para establecer las propuestas con menores recorridos determinando que para la celda 1 se acoge la propuesta 2 con 53.22 m², para las celdas 2 y 3 se selecciona la propuesta 1 con 37.26 m² y 18.63 m² respectivamente, finalmente se asignó el personal requerido para el funcionamiento de las celdas mediante el Tiempo takt determinando a dos trabajadores para cada celda.
- Para la aplicación del lean manufacturing se estableció una matriz de selección donde se relacionó el impacto de las herramientas lean con las condiciones del taller seleccionando 5 herramientas, la primera VSM (Mapeo de la cadena de valor) nos permitió establecer los tiempos NVA y VA de cada producto estrella dando como resultado que el ratio de operación en las estructuras de gran escala es del 56.09%, para las divisiones de baño en acero inoxidable es 71.42% y para las puertas elegantes semi blindadas es de 70.83%, la metodología 5S permitió establecer una ideología de orden dentro del taller para ordenar el caos producido por las actividades de trabajo, creando tarjetas rojas de clasificación de herramientas u objetos las cuales indican la frecuencia de uso para almacenarlos y etiquetarlos en lugares de fácil acceso al personal, delimitó las áreas de almacenamiento y señalización de seguridad en las propuestas y se estableció una ficha de auditoría interna para el control del cumplimiento de de las 5S, Kanban basándose en la producción se sistemas Pull creó tarjetas Kanban para producción, las cuales darán la orden de fabricación de productos, Kanban de transporte la cual informará entre procesos la necesidad de piezas o material requerido para la producción y Kanban de entregas, estas informaran la necesidad del transporte del

producto terminado, Kaizen generó una guía para el mejoramiento continuo en base a las deficiencias del taller, buscando el alcance de los objetivos propuestos por el taller y la estandarización de sus procesos, y finalmente Celda de Manufactura la cual fue aplicada para la creación de las propuestas de distribución más adecuadas para el taller industrial.

- Después de la generación de las propuestas se estableció sus respectivas simulaciones incluyendo la situación actual, en donde se compara la producción de los tres productos estrella para evidenciar las mejoras en tiempos y recorridos adquiridas por las propuestas, el tiempo en las divisiones sanitarias en acero inoxidable se reduce un 0.488% , en las puertas elegantes semi blindadas se reduce un 2.099% y en las estructuras de gran escala se reduce un 7.035%, mientras que en la distancia recorrida para las divisiones sanitarias en acero inoxidable se reduce un 63.16%, puertas elegantes semi blindadas se reduce 72.26% y para las estructuras de gran escala se reduce un 71.92%, por lo que se determina que existe una mejora promedio en tiempo del 4.35% y en distancia recorrida del 69.87%, finalmente para alcanzar esta mejora se debe realizar una inversión en la creación de las propuestas estipulando un costo de \$22080.00, la cual según el análisis del retorno de la inversión se lo recuperara en 1 año y 36 días.

4.2. Recomendaciones

- Taller industrial Shambi e hijos deberá ejecutar capacitaciones rigurosas sobre la utilización y funcionamiento de las nuevas instalaciones a los trabajadores en cada celda, además de generar un compromiso de organización y orden dentro de las instalaciones.
- Desarrollar un estudio de riesgos para mitigar los peligros que se puedan generar a futuro dentro de las instalaciones con la finalidad de establecer medidas de seguridad, paros de emergencias, prevención contra incendios, etc.
- Realizar un estudio de control de calidad en cada producto para mitigar la variabilidad de estos para así generar un proceso adecuado dentro de las instalaciones.

- Realizar un estudio de seguridad y salud ocupacional, debido a que el área metalmecánica se somete a levantar altas cargas, exposición a sustancias tóxicas y ruidos excesivos para prevenir futuras lesiones o enfermedades profesionales en los trabajadores.
- Realizar un estudio de planificación de producción para establecer materiales frecuentes de uso mediante un historial de productos vendidos según sus especificaciones solicitadas para apresurar el inicio de producción.

2.2.C. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] N. Alejandra, «El proceso del Know How y la creación de valor en las Empresas Familiares Artesanales en el sector metalmecánico de la provincia del Tungurahua,» Ambato, 2018.
- [2] J. Reyes, «Diseño para la distribución de nuevas instalaciones de la empresa Instruequpos CIA. LTDA. en el parque industrial Ambato,» Ambato, 2007.
- [3] J. Pantoja, «Distribución de planta en la empresa INCALSID para la optimización,» Ambato, 2011.
- [4] N. Maya, «Rediseño de planta de la empresa Osaka motorcycleparts Ltda,» Medellin, 2008.
- [5] L. Paúl, «Distribución de planta para la optimización del manejo de materiales en la empresa de calzado Dav-sport de la ciudad de Ambato,» Ambato, 2014.
- [6] M. Mejía, «Mejoramiento mediante herramientas de la manufactura esbelta, en una Empresa de Confecciones,» *Ingeniería Industria*, vol. 37, n° 1, pp. 24-35, 2016.
- [7] D. Novegil, «Alacero presenta nuevo estudio sobre cadena metalmecánica,» de *Congreso Latinoamericano del*, Buenos Aires, 2015.
- [8] J. Alcívar, «Situación actual de las empresas exportadoras de productos no petroleros, asociados al cambio de la matriz productiva, de los sectores banano y metalmecánico,» Guayaquil, 2014.
- [9] J. Narváez, «Analizar y comprar la gestión de inventarios de materia prima clásica, versus el modelo (S, Q), con demanda y nivel de servicio definido, para la industria metalmecánica.,» 2018.

- [10] G. Vilaña, «Planificación tributaria para el sector industrial metalmecánico caso: empresa de la industria del metal,» 2019.
- [11] A. Guerrero, «Diseño de un Modelo de Gestión Estratégica para PYMES Metalmecánicas de Tungurahua,» Ambato, 2015.
- [12] P. Ospina, «Relaciones económicas equilibradas, El caso de las redes productivas de Tungurahua,» Ambato, 2013.
- [13] N. Alejandra, «El proceso del Know How y la creación de valor en las Empresas Familiares Artesanales en el sector metalmecánico de la provincia del Tungurahua,» Ambato, 2018.
- [14] G. Kanawaty, «Estudio del trabajo y productividad,» de *Instrucción al estudio del trabajo*, Ginebra, 1996, p. 9.
- [15] A. Caso, «Introducción,» de *Técnicas de Medición del Trabajo*, España, Fundación Confemetal, 2006, p. 11.
- [16] R. Chase, «Productividad,» de *Administración de operaciones, producción y cadena de suministros*, México, McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2009, p. 681.
- [17] J. Heizer, «Estándares de mano de obra y medición del trabajo,» de *Principio de Administración de Operaciones*, México, Pearson Educación de México, S.A. de C.V., 2009, p. 412.
- [18] R. Chase, «Medición y estándares laborales,» de *Administración de operaciones, producción y cadena de suministros*, Mexico, McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2009, pp. 140 - 141.
- [19] L. Tejada, «Metodología de estudio de tiempo y movimiento; Introducción al GSD,» *3C Empresa*, vol. Edición Especial, pp. 39-49, 2017.

- [20] J. Heizer, «Estudio de tiempos,» de *Principios de administración de operaciones*, México, Pearson Educación de México, S.A. de C.V., 2009, p. 413.
- [21] N. Methods, Standards and Work Design, Nueva York: Irwin/McGraw-Hill, 2003.
- [22] V. Castellar, «El tiempo estándar controlado bajo la perspectiva de un análisis multivariado,» *Prospectiva*, vol. 5, nº 1, pp. 17-22, 2007.
- [23] E. Martínez, «Software minitab en la predicción del tiempo estándar,» *Sapientia TECHNOLOGICAL*, vol. 1, nº 1, pp. 49-65, 2020.
- [24] N. Benjamín, «CICLOS EN EL ESTUDIO,» de *Ingeniería Industrial métodos, estándares y diseño del trabajo*, México, McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V, 2009, p. 340.
- [25] B. Niebel, «Métodos de regresos a cero,» de *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*, México, McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2009, p. 337.
- [26] B. Niebel, «Método Continuo,» de *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*, México, McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2009, p. 338.
- [27] V. Comunidad, «Distribución en Planta,» *Centros Europeos de Empresas Innovadoras de la Comunidad Valenciana*, vol. 1, nº 2, pp. 14-29, 2010.
- [28] D. Garcia, «Principios a tener en cuenta en el diseño de una distribución,» de *Distribución de planta*, Mexico , Universidad de Oviedo, 2005, pp. 7-8.
- [29] R. Chase, «Formatos básicos de la distribución para la producción,» de *Administración de operaciones, producción y cadena de suministros*, México D.F. , McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2014, pp. 177-178.

- [30] E. Suesca, «Diseño de celdas de manufactura considerando el balanceo de las cargas de trabajo con algoritmos genéticos,» *ONTARE*, vol. 4, nº 1, pp. 89-122, 2020.
- [31] R. Muther, *Distribución en Planta*, Barcelona.
- [32] A. Vizán, «Conceptos generales del lean manufacturing,» *Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación*, vol. 1, nº 4, pp. 10-29, 2013.
- [33] «Lean Manufacturing en Español,» 7+1 Tipos de Desperdicios., Septiembre 2008. [En línea]. Available: <http://lean-esp.blogspot.com/2008/09/71-tipos-de-desperdicios.html> . [Último acceso: 27 Noviembre 2020].
- [34] «ExYge Consultores,» 15 02 2017. [En línea]. Available: <http://www.exyge.eu/blog/calidad/en-lean-ya-son-9-los-desperdicios/>. [Último acceso: 14 06 2021].
- [35] A. Jauregui, «Lean Manufacturing: Herramienta para mejorar la productividad en las empresas,» *3C Empresa*, vol. II, nº 10, pp. 116-124, 2017.
- [36] G. Jhon Jairo Vargas-Sánchez, «Comparación por simulación de sistemas de manufactura tipo push y pull,» *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, vol. 29, nº 1, pp. 81-94, 2019.
- [37] M. Falagán Rojo, *MANUAL BÁSICO DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES: Higiene industrial, Seguridad y Ergonomía*, 2000.
- [38] G. Kanawaty, «Estudio del trabajo y Productividad,» *Introduccion al Estudio del Trabajo*, vol. 2, pp. 9-15, 1996.
- [39] R. Criollo, «Procedimiento para Medir el Trabajo,» *Estudio del trabajo*, vol. 11, pp. 204-250, 2005.

- [40] R. Chase, «Balanceo e línea de ensamble,» de *Administración de operaciones Producción y cadena de suministros*, México, McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2009, p. 183.
- [41] R. Chase, «Señales de una buena distribución de operaciones de producción y de oficinas,» de *Aministración de operaciones producción y cadena de suministros*, México, McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2009, p. 194.
- [42] R. Chase, «Formatos básicos de la distribución para la producción,» de *Administración de Operaciones. Producción y Cadena de Suministros*, México, McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2009, pp. 177-178.
- [43] A. Naranjo, «El proceso del Know How y la creación de valor en las Empresas Familiares Artesanales en el sector metalmecánico de la provincia del Tungurahua,» Ambato, 2018.
- [44] D. Betancourt, «Productividad: Definición, medición y diferencia con eficacia y eficiencia,» 27 Mayo 2017. [En línea]. Available: <https://www.ingenioempresa.com/productividad/>. [Último acceso: 27 Noviembre 2020].
- [45] J. Leal, «Medición del trabajo, aplicación a la empresa D´Vargas repujado en alminio S.A. de C.V.,» Junio 2016. [En línea]. Available: <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/10673/Medicion%20del%20trabajo%20aplicado.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20medici%C3%B3n%20del%20trabajo%20es,una%20norma%20de%20ejecuci%C3%B3n%20preestablecida..> [Último acceso: 27 Noviembre 2020].
- [46] R. Jacobs, «Administración de operaciones Producción y cadena de suministros,» *Distribución de las instalaciones.*, vol. 7, n° 3, pp. 227-231, 2009.

- [47] B. Niebel, «Estudio de tiempos,» de *Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo*, México, McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2009, p. 327.
- [48] M. Angeles, «Lean Manufacturing 10,» 21 Enero 2020. [En línea]. Available: <https://leanmanufacturing10.com/analisis-metodos-tiempos>. [Último acceso: 15 06 2021].

2.3.ANEXOS

ANEXO 1

Tabla 64. Escala ponderada para el ritmo de trabajo

| Escala | | | | Descripción del desempeño | Velocidad de marcha comparable ¹ | |
|--------|--------|---------|---------------------------------|---|---|--------|
| 60-80 | 75-100 | 100-133 | 0-100 (norma británica) | | (m/h) | (km/h) |
| 0 | 0 | 0 | 0 | Actividad nula | | |
| 40 | 50 | 67 | 50 | Muy lento; movimientos torpes, inseguros; el operario parece medio dormido y sin interés en el trabajo | 2 | 3,2 |
| 60 | 75 | 100 | 75 | Constante, resuelto, sin prisa, como de obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento, pero no pierde tiempo adrede mientras lo observan | 3 | 4,8 |
| 80 | 100 | 133 | 100 (Ritmo tipo) | Activo, capaz, como de obrero calificado medio, pagado a destajo; logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado | 4 | 6,4 |
| 100 | 125 | 167 | 125 | Muy rápido; el operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima de las del obrero calificado medio | 5 | 8,0 |
| 120 | 150 | 200 | 150 | Excepcionalmente rápido; concentración y esfuerzo intenso sin probabilidad de durar por largos periodos; actuación de «virtuoso», sólo alcanzada por unos pocos trabajadores sobresalientes | 6 | 9,6 |

¹ Partiendo del supuesto de un operario de estatura y facultades físicas medias, sin carga, que camine en línea recta, por terreno llano y sin obstáculos.

ANEXO 2

Tabla 65. Actividades por proceso para puertas elegantes semi - blindadas.

| PUERTAS ELEGANTES SEMI - BLINDADAS | | |
|---|---------------|--|
| Proceso | Código | Actividad |
| Marcaje | B00 | Recoger materia prima de estantería |
| | B01 | Transporte a mesa para marca |
| | B02 | Marcado de materia prima según medidas especificadas |
| Corte | B03 | Transporte de tubería a tronzadora |
| | B04 | colocación de EPP's |
| | B05 | Corte de material a medida |
| | B06 | Transporte de piezas a la mesa de trabajo |
| | B07 | colocación de accesorios en amoladora |
| | B08 | Corte de escuadras para armado |
| | B09 | Retiro de rebabas de los cortes |
| Soldado | B10 | Transporte de máquina soldadora a mesa de trabajo |
| Soldado | B11 | colocación de EPP's |
| | B12 | Armado de productos con puntos de soldadura |
| | B13 | Verificación de medidas del producto |
| | B14 | Remate con cordones de suelda en uniones |
| Pulido | B15 | colocación de accesorios en amoladora |
| | B16 | Desbastado de cordones |
| | B17 | Limpieza de granulaciones de soldadura en productos |
| Grateado | B18 | colocación de accesorios en amoladora |
| | B19 | Grateo de cordones visibles |
| Marcaje | B20 | Traslado a almacenamiento de planchas de tol |
| | B21 | Subir planchas de tol a mesa de trabajo y corte |
| | B22 | Marcado de planchas de tol según especificaciones |
| Corte | B23 | colocación de accesorio en cizalla |
| | B24 | colocación de plancha en cizalla |
| | B25 | Corte del tol |
| Doblado | B26 | Transporte a la dobladora de tol |
| | B27 | colocación de pieza en dobladora |
| | B28 | Doblado |
| Perforado | B29 | Traslado a la mesa de trabajo |
| | B30 | Colocación de brocas en taladro |
| | B31 | Perforación |

| | | |
|---------|-----|---|
| | B32 | Colocación de piezas de tol en producto |
| Pintado | B33 | Preparación de macilla |
| | B34 | Masillado |
| | B35 | Preparación de lijadora eléctrica |
| | B36 | Lijado de superficies |
| | B37 | Limpieza de polvo |
| | B38 | Traslado hacia el compresor |
| | B39 | Preparación de pintura |
| Pintado | B40 | Pintado |
| | B41 | Traslado a la mesa de trabajo |
| | B42 | Colocación de accesorios |

Tabla 66. Actividades por proceso para estructuras de gran escala.

| ESTRUCTURAS DE GRAN ESCALA | | |
|-----------------------------------|---------------|---|
| Proceso | Código | Actividad |
| Marcaje | C00 | Traslado a recoger herramientas necesarias para el trabajo |
| | C01 | Limpieza de aceites de materiales |
| | C02 | Marcaje de materiales a medida |
| Perforado | C03 | Traslado a taladro de pedestal |
| | C04 | Perforaciones de placas según medida |
| Corte | C05 | Traslado a tronzadora |
| | C06 | Corte de materiales según medida indicada |
| Soldado | C07 | Traslado a mesa de trabajo |
| | C08 | Transporte de soldadora a mesa de trabajo |
| | C09 | Armado de placas según especificación |
| Pintado | C10 | Traslado a bodega de pinturas |
| | C11 | Preparación de pintura |
| | C12 | Traslado a compresor |
| | C13 | Traslado de manguera de compresor a mesa de trabajo |
| | C14 | Pintado de fondo en placas base |
| | C15 | Traslado a zona de correas con manguera de compresor |
| | C16 | Pintado de fondeo en parte interna de correas estructurales |
| Soldado | C17 | Transporte de soldadora a mesa de trabajo |
| | C18 | Encajonamiento de materiales según especificación con puntos de soldadura |
| | C19 | Empate de correas mayores a 6 metros (Vigas o Columnas) |

| | | |
|---------|-----|--|
| | C20 | Remate con cordones de electrodo 7018 o MIG en vigas encajonadas y empatadas |
| | C21 | Verificación de calidad en cordones |
| Grateo | C22 | Grateo de cordones de suelda en vigas encajonadas y empatadas |
| Marcaje | C23 | Marcaje de angulaciones en columnas y vigas |
| Corte | C24 | Cortes de angulación en vigas y columnas |
| Soldado | C25 | Armado de cerchas para estructura (Unión de dos vigas) |
| | C26 | Verificación de medidas en cerchas |
| | C27 | Remate con cordones de suelda en cerchas según especificación |
| Grateo | C28 | Grateo de cordones de suelda en cerchas |
| | C29 | Limpieza de polvo para vigas, columnas y cerchas |
| Pintado | C30 | Traslado a bodega de pinturas |
| | C31 | Preparación de pintura |
| | C32 | Traslado de manguera de compresor a cercha, columnas y vigas |
| | C33 | Fondeo de parte externa de vigas, columnas y cerchas |
| | C34 | Traslado a bodega de pinturas |
| | C35 | Preparación de pintura final de estructura |
| | C36 | Traslado a zona de correas con manguera de compresor |
| | C37 | Pintado según especificación de vigas, columnas y cerchas |

Tabla 67. Estudio de tiempos 2, proceso de corte.

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|----------|----------|-----------------------|-------------|-----------|---------------|----------|---------------|
| Fecha: | 3/11/2021 | | | Estudio N°: | 2 | | | | |
| Área: | | | | Elaborado por: | Juan Shambi | | | | |
| Proceso: | Corte | | | Método: | | | | | |
| Elemento | Observaciones | | | Resumen | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | Tt | Tp | Vd | TN | S | Ts |
| A02 | 0.25 | 0.21 | 0.25 | 0.71 | 0.2367 | 1 | 0.2367 | 11% | 0.26 |
| A03 | 30.2 | 29.4 | 31.1 | 90.7 | 30.2 | 1 | 30.233 | 23% | 37.19 |
| A04 | 242.5 | 250.1 | 244.1 | 736.7 | 245.6 | 1 | 245.57 | 20% | 294.68 |
| | | | | | | | TOTAL: | | 332.13 |

Tabla 68. Estudio de tiempos 3, proceso de doblado.

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|----------|----------|-----------------------|-----------|-----------|---------------|----------|---------------|
| Fecha: | 5/11/2021 | | | Estudio N°: | | | 3 | | |
| Área: | | | | Elaborado por: | | | Juan Shambi | | |
| Proceso: | Doblado | | | Método: | | | | | |
| Elemento | Observaciones | | | Resumen | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | Tt | Tp | Vd | TN | S | Ts |
| A05 | 2.24 | 2.26 | 2.19 | 6.69 | 2.23 | 1 | 2.23 | 22% | 2.72 |
| A06 | 35.1 | 35.3 | 35.9 | 106.3 | 35.4 | 1 | 35.433 | 24% | 43.94 |
| A07 | 185.3 | 186.5 | 185.7 | 557.5 | 185.8 | 1 | 185.83 | 24% | 230.43 |
| | | | | | | | TOTAL: | | 277.09 |

Tabla 69. Estudio de tiempos 4, proceso de soldado.

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|----------|----------|-----------------------|-----------|-----------|---------------|----------|---------------|
| Fecha: | 8/11/2021 | | | Estudio N°: | | | 4 | | |
| Área: | | | | Elaborado por: | | | Juan Shambi | | |
| Proceso: | Soldado | | | Método: | | | | | |
| Elemento | Observaciones | | | Resumen | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | Tt | Tp | Vd | TN | S | Ts |
| A08 | 2.31 | 2.33 | 2.32 | 6.96 | 2.32 | 1.00 | 2.32 | 22% | 2.83 |
| A09 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.16 | 0.05 | 1.00 | 0.05 | 14% | 0.06 |
| A10 | 1.2 | 1.3 | 1.25 | 3.75 | 1.25 | 1.00 | 1.25 | 11% | 1.39 |
| A11 | 180.5 | 179.1 | 181.3 | 540.90 | 180.30 | 1.00 | 180.30 | 23% | 221.77 |
| A12 | 20.3 | 20.4 | 20.1 | 60.80 | 20.27 | 1.00 | 20.27 | 14% | 23.10 |
| A13 | 125.3 | 125.6 | 124.9 | 375.80 | 125.27 | 1.00 | 125.27 | 25% | 156.58 |
| | | | | | | | TOTAL: | | 405.74 |

Tabla 70. Estudio de tiempos 5, proceso de pulido.

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|----------|----------|-----------------------|-----------|-----------|---------------|----------|---------------|
| Fecha: | 10/11/2021 | | | Estudio N°: | | | 5 | | |
| Área: | | | | Elaborado por: | | | Juan Shambi | | |
| Proceso: | Pulido | | | Método: | | | | | |
| Elemento | Observaciones | | | Resumen | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | Tt | Tp | Vd | TN | S | Ts |
| A14 | 0.48 | 0.51 | 0.5 | 1.49 | 0.50 | 1.00 | 0.50 | 14% | 0.57 |
| A15 | 0.24 | 0.21 | 0.23 | 0.68 | 0.23 | 1.00 | 0.23 | 11% | 0.25 |
| A16 | 121.5 | 121.1 | 122.1 | 364.70 | 121.57 | 1.00 | 121.57 | 22% | 148.31 |
| | | | | | | | TOTAL: | | 149.13 |

Tabla 71. Estudio de tiempos 6, proceso de lavado.

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|----------|----------|-----------------------|-----------|-----------|---------------|----------|---------------|
| Fecha: | 12/11/2021 | | | Estudio N°: | | | 6 | | |
| Área: | | | | Elaborado por: | | | Juan Shambi | | |
| Proceso: | Lavado | | | Método: | | | | | |
| Elemento | Observaciones | | | Resumen | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | Tt | Tp | Vd | TN | S | Ts |
| A17 | 0.15 | 0.14 | 0.14 | 0.43 | 0.14 | 1.00 | 0.14 | 11% | 0.16 |
| A18 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0.33 | 0.11 | 1.00 | 0.11 | 11% | 0.12 |
| A19 | 15.2 | 15.8 | 15.5 | 46.50 | 15.50 | 1.00 | 15.50 | 15% | 17.83 |
| A20 | 0.71 | 0.72 | 0.72 | 2.15 | 0.72 | 1.00 | 0.72 | 22% | 0.87 |
| A21 | 25 | 25.5 | 24 | 74.50 | 24.83 | 1.00 | 24.83 | 11% | 27.57 |
| A22 | 58.7 | 57.1 | 55.1 | 170.90 | 56.97 | 1.00 | 56.97 | 22% | 69.50 |
| A23 | 25.6 | 25.7 | 25.4 | 76.70 | 25.57 | 1.00 | 25.57 | 18% | 30.17 |
| | | | | | | | TOTAL: | | 146.21 |

Tabla 72. Estudio de tiempos 7, proceso de pulido.

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|----------|----------|-----------------------|-----------|-----------|---------------|----------|---------------|
| Fecha: | 15/11/2021 | | | Estudio N°: | | | 7 | | |
| Área: | | | | Elaborado por: | | | Juan Shambi | | |
| Proceso: | Pulido | | | Método: | | | | | |
| Elemento | Observaciones | | | Resumen | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | Tt | Tp | Vd | TN | S | Ts |
| A24 | 0.73 | 0.72 | 0.73 | 2.18 | 0.73 | 1.00 | 0.73 | 22% | 0.89 |
| A25 | 0.21 | 0.21 | 0.2 | 0.62 | 0.21 | 1.00 | 0.21 | 14% | 0.24 |
| A26 | 124.3 | 126.1 | 125.1 | 375.50 | 125.17 | 1.00 | 125.17 | 18% | 147.70 |
| | | | | | | | TOTAL: | | 148.82 |

Tabla 73. Estudio de tiempos 2, proceso de perforado.

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|----------|----------|-----------------------|-----------|-----------|---------------|----------|---------------|
| Fecha: | 17/11/2021 | | | Estudio N°: | | | 8 | | |
| Área: | | | | Elaborado por: | | | Juan Shambi | | |
| Proceso: | Perforado | | | Método: | | | | | |
| Elemento | Observaciones | | | Resumen | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | Tt | Tp | Vd | TN | S | Ts |
| A27 | 0.25 | 0.24 | 0.25 | 0.74 | 0.25 | 1.00 | 0.25 | 14% | 0.28 |
| A28 | 135.3 | 134.1 | 135.9 | 405.30 | 135.10 | 1.00 | 135.10 | 33% | 179.68 |
| A29 | 25.6 | 26.4 | 26.1 | 78.10 | 26.03 | 1.00 | 26.03 | 18% | 30.72 |
| A30 | 135.6 | 135.9 | 134.1 | 405.60 | 135.20 | 1.00 | 135.20 | 22% | 164.94 |
| | | | | | | | TOTAL: | | 375.63 |

Tabla 74. Estudio de tiempos 8, proceso de Marcaje.

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|----------|----------|-----------------------|-----------|-----------|-------------|--------------|-----------|
| Fecha: | 19/11/2021 | | | Estudio N°: | | | 9 | | |
| Área: | | | | Elaborado por: | | | Juan Shambi | | |
| Proceso: | Marcaje | | | Método: | | | Actual | | |
| Elemento | Observaciones | | | Resumen | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | Tt | Tp | Vd | TN | S | Ts |
| B00 | 10 | 11.1 | 10.5 | 31.6 | 10.533 | 1 | 10.533 | 30% | 13.69 |
| B01 | 0.11 | 0.11 | 0.1 | 0.32 | 0.1067 | 1 | 0.1067 | 28% | 0.14 |
| B02 | 55 | 55.5 | 56.1 | 166.6 | 55.533 | 1 | 55.533 | 27% | 70.53 |
| TOTAL: | | | | | | | | 84.36 | |

Tabla 75. Estudio de tiempos 10, proceso de corte.

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|----------|----------|-----------------------|-----------|-----------|-------------|--------------|-----------|
| Fecha: | 22/11/2021 | | | Estudio N°: | | | 10 | | |
| Área: | | | | Elaborado por: | | | Juan Shambi | | |
| Proceso: | Corte | | | Método: | | | Actual | | |
| Elemento | Observaciones | | | Resumen | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | Tt | Tp | Vd | TN | S | Ts |
| B03 | 2.5 | 2.6 | 2.55 | 7.65 | 2.55 | 1 | 2.55 | 28% | 3.26 |
| B04 | 0.09 | 0.09 | 0.08 | 0.26 | 0.0867 | 1 | 0.0867 | 11% | 0.10 |
| B05 | 32 | 32.1 | 33.1 | 97.2 | 32.4 | 1 | 32.4 | 20% | 38.88 |
| B06 | 3.5 | 3.6 | 3.6 | 10.7 | 3.5667 | 1 | 3.5667 | 22% | 4.35 |
| B07 | 0.15 | 0.15 | 0.14 | 0.44 | 0.1467 | 1 | 0.1467 | 14% | 0.17 |
| B08 | 21.5 | 21.4 | 22.1 | 65 | 21.667 | 1 | 21.667 | 17% | 25.35 |
| B09 | 7.5 | 7.5 | 7.4 | 22.4 | 7.4667 | 1 | 7.4667 | 13% | 8.44 |
| TOTAL: | | | | | | | | 80.55 | |

Tabla 76. Estudio de tiempos 11, proceso de soldado.

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|----------|----------|-----------------------|-----------|-----------|-------------|---------------|-----------|
| Fecha: | 24/11/2021 | | | Estudio N°: | | | 11 | | |
| Área: | | | | Elaborado por: | | | Juan Shambi | | |
| Proceso: | Soldado | | | Método: | | | Actual | | |
| Elemento | Observaciones | | | Resumen | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | Tt | Tp | Vd | TN | S | Ts |
| B10 | 0.07 | 0.06 | 0.07 | 0.2 | 0.0667 | 1 | 0.0667 | 16% | 0.08 |
| B11 | 0.1 | 0.11 | 0.95 | 1.16 | 0.3867 | 1 | 0.3867 | 11% | 0.43 |
| B12 | 185.5 | 187.4 | 185.9 | 558.8 | 186.27 | 1 | 186.27 | 21% | 225.38 |
| B13 | 3.1 | 3.2 | 2.9 | 9.2 | 3.0667 | 1 | 3.0667 | 18% | 3.62 |
| B14 | 151.3 | 152.4 | 151.1 | 454.8 | 151.6 | 1 | 151.6 | 22% | 184.95 |
| TOTAL: | | | | | | | | 414.46 | |

Tabla 77. Estudio de tiempos 12, proceso de pulido.

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|----------|----------|-----------------------|-----------|-----------|---------------|----------|--------------|
| Fecha: | 25/11/2021 | | | Estudio N°: | | | 12 | | |
| Área: | | | | Elaborado por: | | | Juan Shambi | | |
| Proceso: | Pulido | | | Método: | | | Actual | | |
| Elemento | Observaciones | | | Resumen | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | Tt | Tp | Vd | TN | S | Ts |
| B15 | 0.16 | 0.15 | 0.17 | 0.48 | 0.16 | 1 | 0.16 | 14% | 0.18 |
| B16 | 29.7 | 28.4 | 29.9 | 88 | 29.333 | 1 | 29.333 | 22% | 35.79 |
| B17 | 15.3 | 15.4 | 15.1 | 45.8 | 15.267 | 1 | 15.267 | 14% | 17.40 |
| | | | | | | | TOTAL: | | 53.37 |

Tabla 78. Estudio de tiempos 13, proceso de grateo.

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|----------|----------|-----------------------|-----------|-----------|---------------|----------|--------------|
| Fecha: | 25/11/2021 | | | Estudio N°: | | | 13 | | |
| Área: | | | | Elaborado por: | | | Juan Shambi | | |
| Proceso: | Grateo | | | Método: | | | Actual | | |
| Elemento | Observaciones | | | Resumen | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | Tt | Tp | Vd | TN | S | Ts |
| B18 | 0.12 | 0.12 | 0.13 | 0.37 | 0.1233 | 1 | 0.1233 | 14% | 0.14 |
| B19 | 15.2 | 16.1 | 15.8 | 47.1 | 15.7 | 1 | 15.7 | 16% | 18.21 |
| | | | | | | | TOTAL: | | 18.35 |

Tabla 79. Estudio de tiempos 14, proceso de marcaje.

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|----------|----------|-----------------------|-----------|-----------|---------------|----------|--------------|
| Fecha: | 25/11/2021 | | | Estudio N°: | | | 14 | | |
| Área: | | | | Elaborado por: | | | Juan Shambi | | |
| Proceso: | Marcaje | | | Método: | | | Actual | | |
| Elemento | Observaciones | | | Resumen | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | Tt | Tp | Vd | TN | S | Ts |
| B20 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.18 | 0.06 | 1 | 0.06 | 11% | 0.07 |
| B21 | 1.3 | 1.2 | 1.25 | 3.75 | 1.25 | 1 | 1.25 | 30% | 1.63 |
| B22 | 38.7 | 39.5 | 39.1 | 117.3 | 39.1 | 1 | 39.1 | 27% | 49.66 |
| | | | | | | | TOTAL: | | 51.35 |

Tabla 80. Estudio de tiempos 15, proceso de Corte.

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|----------|----------|-----------------------|-----------|-----------|---------------|----------|---------------|
| Fecha: | 25/11/2021 | | | Estudio N°: | | | 15 | | |
| Área: | | | | Elaborado por: | | | Juan Shambi | | |
| Proceso: | Corte | | | Método: | | | Actual | | |
| Elemento | Observaciones | | | Resumen | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | Tt | Tp | Vd | TN | S | Ts |
| B23 | 0.26 | 0.27 | 0.25 | 0.78 | 0.26 | 1 | 0.26 | 14% | 0.30 |
| B24 | 25.1 | 26.1 | 25.7 | 76.9 | 25.633 | 1 | 25.633 | 24% | 31.79 |
| B25 | 78.4 | 79.6 | 78.9 | 236.9 | 78.967 | 1 | 78.967 | 18% | 93.18 |
| | | | | | | | TOTAL: | | 125.26 |

Tabla 81. Estudio de tiempos 2, proceso de doblado.

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|----------|----------|-----------------------|-----------|-----------|---------------|----------|--------------|
| Fecha: | 25/11/2021 | | | Estudio N°: | | | 16 | | |
| Área: | | | | Elaborado por: | | | Juan Shambi | | |
| Proceso: | Doblado | | | Método: | | | Actual | | |
| Elemento | Observaciones | | | Resumen | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | Tt | Tp | Vd | TN | S | Ts |
| B26 | 1.9 | 1.81 | 1.92 | 5.63 | 1.8767 | 1 | 1.8767 | 30% | 2.44 |
| B27 | 21.3 | 22.3 | 21.1 | 64.7 | 21.567 | 1 | 21.567 | 16% | 25.02 |
| B28 | 54.9 | 55.8 | 56.1 | 166.8 | 55.6 | 1 | 55.6 | 22% | 67.83 |
| | | | | | | | TOTAL: | | 95.29 |

Tabla 82. Estudio de tiempos 17, proceso de perforado.

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|----------|----------|-----------------------|-----------|-----------|---------------|----------|--------------|
| Fecha: | 26/11/2021 | | | Estudio N°: | | | 17 | | |
| Área: | | | | Elaborado por: | | | Juan Shambi | | |
| Proceso: | Perforado | | | Método: | | | Actual | | |
| Elemento | Observaciones | | | Resumen | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | Tt | Tp | Vd | TN | S | Ts |
| B29 | 2.1 | 2.1 | 2.3 | 6.5 | 2.1667 | 1 | 2.1667 | 30% | 2.82 |
| B30 | 0.26 | 0.25 | 0.27 | 0.78 | 0.26 | 1 | 0.26 | 14% | 0.30 |
| B31 | 16.4 | 16.8 | 15.9 | 49.1 | 16.367 | 1 | 16.367 | 16% | 18.99 |
| B32 | 46.2 | 45.9 | 46.8 | 138.9 | 46.3 | 1 | 46.3 | 18% | 54.63 |
| | | | | | | | TOTAL: | | 76.73 |

Tabla 83. Estudio de tiempos 18, proceso de pintado.

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|----------|----------|-----------------------|-----------|-----------|---------------|----------|---------------|
| Fecha: | 29/11/2021 | | | Estudio N°: | | | 18 | | |
| Área: | | | | Elaborado por: | | | Juan Shambi | | |
| Proceso: | Pintado | | | Método: | | | Actual | | |
| Elemento | Observaciones | | | Resumen | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | Tt | Tp | Vd | TN | S | Ts |
| B33 | 1.15 | 1.165 | 1.15 | 3.465 | 1.155 | 1 | 1.155 | 15% | 1.33 |
| B34 | 50.2 | 51.2 | 52.1 | 153.5 | 51.167 | 1 | 51.167 | 17% | 59.87 |
| B35 | 0.2 | 0.3 | 0.25 | 0.75 | 0.25 | 1 | 0.25 | 15% | 0.29 |
| B36 | 62.1 | 64.5 | 63.5 | 190.1 | 63.367 | 1 | 63.367 | 22% | 77.31 |
| B37 | 2.1 | 2.3 | 2.1 | 6.5 | 2.1667 | 1 | 2.1667 | 13% | 2.45 |
| B38 | 0.12 | 0.12 | 0.11 | 0.35 | 0.1167 | 1 | 0.1167 | 11% | 0.13 |
| B39 | 3.15 | 3.16 | 3.14 | 9.45 | 3.15 | 1 | 3.15 | 15% | 3.62 |
| B40 | 125.1 | 128.5 | 127.6 | 381.2 | 127.07 | 1 | 127.07 | 24% | 157.56 |
| B41 | 0.14 | 0.13 | 0.14 | 0.41 | 0.1367 | 1 | 0.1367 | 28% | 0.17 |
| B42 | 40.2 | 42.2 | 40.5 | 122.9 | 40.967 | 1 | 40.967 | 20% | 49.16 |
| | | | | | | | TOTAL: | | 351.89 |

Tabla 84. Estudio de tiempos 19, proceso de marcaje.

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|----------|----------|-----------------------|-----------|-----------|---------------|----------|--------------|
| Fecha: | 1/11/2021 | | | Estudio N°: | | | 19 | | |
| Área: | | | | Elaborado por: | | | Juan Shambi | | |
| Proceso: | Marcaje | | | Método: | | | | | |
| Elemento | Observaciones | | | Resumen | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | Tt | Tp | Vd | TN | S | Ts |
| C00 | 0.68 | 0.72 | 0.7 | 2.1 | 0.7 | 1 | 0.7 | 11% | 0.78 |
| C01 | 10.2 | 10.12 | 10.1 | 30.42 | 10.1 | 1 | 10.14 | 22% | 12.37 |
| C02 | 25.3 | 24.9 | 25.1 | 75.3 | 25.1 | 1 | 50.2 | 24% | 62.25 |
| | | | | | | | TOTAL: | | 75.40 |

Tabla 85. Estudio de tiempos 20, proceso de perforado.

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|----------|----------|-----------------------|-----------|-----------|---------------|----------|---------------|
| Fecha: | 1/11/2021 | | | Estudio N°: | | | 20 | | |
| Área: | | | | Elaborado por: | | | Juan Shambi | | |
| Proceso: | Perforado | | | Método: | | | | | |
| Elemento | Observaciones | | | Resumen | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | Tt | Tp | Vd | TN | S | Ts |
| C03 | 0.34 | 0.35 | 0.34 | 1.03 | 0.34 | 1 | 0.34 | 11% | 0.38 |
| C04 | 125.3 | 126.7 | 125.8 | 377.8 | 125.9 | 1 | 125.93 | 27% | 159.94 |
| | | | | | | | TOTAL: | | 160.32 |

Tabla 86. Estudio de tiempos 21, proceso de corte.

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|----------|----------|-----------------------|-----------|-----------|---------------|----------|---------------|
| Fecha: | 1/11/2021 | | | Estudio N°: | | | 21 | | |
| Área: | | | | Elaborado por: | | | Juan Shambi | | |
| Proceso: | Corte | | | Método: | | | | | |
| Elemento | Observaciones | | | Resumen | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | Tt | Tp | Vd | TN | S | Ts |
| C05 | 0.15 | 0.14 | 0.15 | 0.44 | 0.15 | 1 | 0.15 | 11% | 0.16 |
| C06 | 241.2 | 242.5 | 243.6 | 727.3 | 242.4 | 1 | 242.43 | 27% | 307.89 |
| | | | | | | | TOTAL: | | 308.05 |

Tabla 87. Estudio de tiempos 22, proceso de soldado.

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|----------|----------|-----------------------|-----------|-----------|---------------|----------|--------------|
| Fecha: | 1/11/2021 | | | Estudio N°: | | | 22 | | |
| Área: | | | | Elaborado por: | | | Juan Shambi | | |
| Proceso: | Soldado | | | Método: | | | | | |
| Elemento | Observaciones | | | Resumen | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | Tt | Tp | Vd | TN | S | Ts |
| C07 | 1.2 | 1.25 | 1.18 | 3.63 | 1.21 | 1 | 1.21 | 20% | 1.45 |
| C08 | 0.12 | 0.11 | 0.13 | 0.36 | 0.1 | 1 | 0.12 | 12% | 0.13 |
| C09 | 68.5 | 69.1 | 68.4 | 206 | 68.7 | 1 | 68.67 | 21% | 83.09 |
| | | | | | | | TOTAL: | | 84.67 |

Tabla 88. Estudio de tiempos 23, proceso de pintado.

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|----------|----------|-----------------------|-----------|-----------|---------------|----------|---------------|
| Fecha: | 1/11/2021 | | | Estudio N°: | | | 23 | | |
| Área: | | | | Elaborado por: | | | Juan Shambi | | |
| Proceso: | Pintado | | | Método: | | | | | |
| Elemento | Observaciones | | | Resumen | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | Tt | Tp | Vd | TN | S | Ts |
| C10 | 0.2 | 0.21 | 0.24 | 0.65 | 0.22 | 1 | 0.22 | 11% | 0.24 |
| C11 | 5.6 | 5.6 | 5.4 | 16.6 | 5.5 | 1 | 5.53 | 13% | 6.25 |
| C12 | 0.12 | 0.11 | 0.12 | 0.35 | 0.1 | 1 | 0.12 | 11% | 0.13 |
| C13 | 2.7 | 2.8 | 2.7 | 8.2 | 2.7 | 1 | 2.73 | 13% | 3.09 |
| C14 | 25.3 | 25.1 | 25.4 | 75.8 | 25.3 | 1 | 25.27 | 20% | 30.32 |
| C15 | 0.45 | 0.45 | 0.44 | 1.34 | 0.4 | 1 | 0.45 | 13% | 0.50 |
| C16 | 121.2 | 122.1 | 121.8 | 365.1 | 121.7 | 1 | 121.70 | 18% | 143.61 |
| | | | | | | | TOTAL: | | 184.14 |

Tabla 89. Estudio de tiempos 24, proceso de soldado.

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|----------|----------|-----------------------|-------------|-----------|---------------|----------|----------------|
| Fecha: | 1/11/2021 | | | Estudio N°: | 24 | | | | |
| Área: | | | | Elaborado por: | Juan Shambi | | | | |
| Proceso: | Soldado | | | Método: | | | | | |
| Elemento | Observaciones | | | Resumen | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | Tt | Tp | Vd | TN | S | Ts |
| C17 | 0.81 | 0.82 | 0.81 | 2.44 | 0.81 | 1 | 0.81 | 14% | 0.93 |
| C18 | 180.2 | 181.5 | 180.4 | 542.1 | 180.7 | 1 | 180.70 | 38% | 249.37 |
| C19 | 110.3 | 111.1 | 110.9 | 332.3 | 110.8 | 1 | 110.77 | 43% | 158.40 |
| C20 | 480.3 | 481.3 | 479.7 | 1441.3 | 480.4 | 1 | 480.43 | 29% | 619.76 |
| C21 | 68.3 | 68.5 | 67.9 | 204.7 | 68.2 | 1 | 68.23 | 17% | 79.83 |
| | | | | | | | TOTAL: | | 1108.28 |

Tabla 90. Estudio de tiempos 25, proceso de grateo.

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|----------|----------|-----------------------|-------------|-----------|---------------|----------|---------------|
| Fecha: | 1/11/2021 | | | Estudio N°: | 25 | | | | |
| Área: | | | | Elaborado por: | Juan Shambi | | | | |
| Proceso: | Grateo | | | Método: | | | | | |
| Elemento | Observaciones | | | Resumen | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | Tt | Tp | Vd | TN | S | Ts |
| C22 | 120.7 | 121.5 | 120.9 | 363.1 | 121 | 1 | 121.03 | 38% | 167.03 |
| | | | | | | | TOTAL: | | 167.03 |

Tabla 91. Estudio de tiempos 26, proceso de marcaje.

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|----------|----------|-----------------------|-------------|-----------|---------------|----------|--------------|
| Fecha: | 1/11/2021 | | | Estudio N°: | 26 | | | | |
| Área: | | | | Elaborado por: | Juan Shambi | | | | |
| Proceso: | Marcaje | | | Método: | | | | | |
| Elemento | Observaciones | | | Resumen | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | Tt | Tp | Vd | TN | S | Ts |
| C23 | 60.3 | 61.3 | 60.7 | 182.3 | 60.8 | 1 | 60.77 | 34% | 81.43 |
| | | | | | | | TOTAL: | | 81.43 |

Tabla 92. Estudio de tiempos 27, proceso de corte.

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|----------|----------|-----------------------|-----------|-----------|---------------|----------|---------------|
| Fecha: | 1/11/2021 | | | Estudio N°: | | | 27 | | |
| Área: | | | | Elaborado por: | | | Juan Shambi | | |
| Proceso: | Corte | | | Método: | | | | | |
| Elemento | Observaciones | | | Resumen | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | Tt | Tp | Vd | TN | S | Ts |
| C24 | 185.3 | 186.3 | 187.2 | 558.8 | 186 | 1 | 186.27 | 39% | 258.91 |
| | | | | | | | TOTAL: | | 258.91 |

Tabla 93. Estudio de tiempos 28, proceso de soldado.

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|----------|----------|-----------------------|-----------|-----------|---------------|----------|----------------|
| Fecha: | 1/11/2021 | | | Estudio N°: | | | 28 | | |
| Área: | | | | Elaborado por: | | | Juan Shambi | | |
| Proceso: | Soldado | | | Método: | | | | | |
| Elemento | Observaciones | | | Resumen | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | Tt | Tp | Vd | TN | S | Ts |
| C25 | 310.1 | 315.1 | 313.5 | 938.7 | 313 | 1 | 312.90 | 30% | 406.77 |
| C26 | 25.3 | 26.4 | 25.7 | 77.4 | 25.8 | 1 | 25.80 | 24% | 31.99 |
| C27 | 480 | 482.5 | 481.9 | 1444.4 | 481.5 | 1 | 481.47 | 43% | 688.50 |
| | | | | | | | TOTAL: | | 1127.26 |

Tabla 94. Estudio de tiempos 29, proceso de grateo.

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|----------|----------|-----------------------|-----------|-----------|---------------|----------|---------------|
| Fecha: | 1/11/2021 | | | Estudio N°: | | | 29 | | |
| Área: | | | | Elaborado por: | | | Juan Shambi | | |
| Proceso: | Grateo | | | Método: | | | | | |
| Elemento | Observaciones | | | Resumen | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | Tt | Tp | Vd | TN | S | Ts |
| C28 | 150.2 | 151.3 | 150.8 | 452.3 | 151 | 1 | 150.77 | 34% | 202.03 |
| C29 | 30.1 | 30.8 | 31.2 | 92.1 | 30.7 | 1 | 30.70 | 32% | 40.52 |
| | | | | | | | TOTAL: | | 242.55 |

Tabla 95. Estudio de tiempos 30, proceso de pintado.

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|----------|----------|-----------------------|-------------|-----------|---------------|----------|---------------|
| Fecha: | 1/11/2021 | | | Estudio N°: | 30 | | | | |
| Área: | | | | Elaborado por: | Juan Shambi | | | | |
| Proceso: | Pintado | | | Método: | | | | | |
| Elemento | Observaciones | | | Resumen | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | Tt | Tp | Vd | TN | S | Ts |
| C30 | 0.5 | 0.48 | 0.51 | 1.49 | 0.5 | 1 | 0.50 | 11% | 0.55 |
| C31 | 15.2 | 15.3 | 14.9 | 45.4 | 15.1 | 1 | 15.13 | 19% | 18.01 |
| C32 | 0.52 | 0.51 | 0.52 | 1.55 | 0.5 | 1 | 0.52 | 13% | 0.58 |
| C33 | 180.2 | 181.1 | 180.9 | 542.2 | 180.7 | 1 | 180.73 | 38% | 249.41 |
| C34 | 0.17 | 0.16 | 0.17 | 0.5 | 0.2 | 1 | 0.17 | 11% | 0.19 |
| C35 | 14.8 | 14.9 | 15.1 | 44.8 | 14.9 | 1 | 14.93 | 19% | 17.77 |
| C36 | 0.53 | 0.55 | 0.55 | 1.63 | 0.5 | 1 | 0.54 | 11% | 0.60 |
| C37 | 120.2 | 120.9 | 121.1 | 362.2 | 120.7 | 1 | 120.73 | 38% | 166.61 |
| | | | | | | | TOTAL: | | 453.73 |

ANEXO 3

Tabla 96. Inventario de herramientas del taller industrial.

| HOJA DE INVENTARIO | | | | | | |
|------------------------------------|------------------------------------|-------------|--------|---|---|---|
| Elaborado por: | | JUAN SHAMBI | | | | |
| Fecha: | | 4/8/2021 | | | | |
| N° | DESCRIPCIÓN | U | ESTADO | | | OBSERVACIÓN |
| | | | B | R | M | |
| 1.- MAQUINARIA DE CORTE | | | | | | |
| 1 | Amoladora grande DeWALT-1 | 1 | X | | | |
| 2 | Amoladora grande DeWALT-2 | 1 | | X | | Requiere limpieza completa de maquinaria |
| 3 | Amoladora grande DeWALT-3 | 1 | | X | | Requiere cambio de cable conexión |
| 4 | Amoladora pequeña DeWALT-1 | 1 | X | | | Empate de taípe en cable de conexión |
| 5 | Amoladora pequeña DeWALT-2 | 1 | | | X | Empate de taípe en cable de conexión |
| 6 | Amoladora pequeña DeWALT-3 | 1 | | | X | Requiere cambio de carbones y tuerca de ajuste |
| 7 | Amoladora pequeña DeWALT-4 | 1 | | | X | Requiere mantenimiento completo, cambio de cable conexión |
| 8 | Tronzadora DeWALT-1 | 1 | X | | | |
| 9 | Tronzadora Milwaukee-2 | 1 | X | | | |
| 10 | Cizalla para tool SONAR-1 | 2 | X | | | |
| 11 | Tronzadora DeWALT-3 | 1 | X | | | |
| 2.- MAQUINAS DE PERFORACION | | | | | | |
| 1 | Taladro manual DeWALT-1 | 3 | X | | | Carcaza deteriorada |
| 2 | Desarmador eléctrico DeWALT-1 | 1 | | X | | Carcaza deteriorada, sin boquilla |
| 3 | Taladro manual en maletín DeWALT-2 | 1 | X | | | |
| 4 | Taladro de pedestal | 2 | | X | | Mantenimiento de mandril, limpieza de base |
| 3.- MAQUINAS DE LIJADO | | | | | | |
| 1 | Lijadora manual DeWALT-1 | 1 | X | | | |
| 4.- MAQUINAS PARA SOLDADURA | | | | | | |
| 1 | Soldadora ELEKTRO-1 | 1 | X | | | Cable de conexión empataado al inicio. Sin cables de conexión |
| 2 | Soldadora PROWAR-1 | 1 | | X | | Conector roto. Sin cables de conexión |
| 3 | Soldadora eléctrica-TIG LINCOLN-1 | 1 | X | | | Cable de conexión empataado. |
| 4 | Soldadora eléctrica-LINCOLN-1 | 1 | X | | | Realizar limpieza externa |

| | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------------|---|---|---|---|--|
| 5 | Soldadora MIG LINCLN-3 | 1 | X | | | Requiere paquete completo en boquilla |
| 6 | Soldadora MIG LINCLN-4 | 2 | X | | | |
| 7 | Soldadora TIG INDURA-1 | 1 | | X | | Requiere mantenimiento de fuga de gas parte interna |
| 8 | Soldadora TIG-PLASMA PTK-1 | 1 | X | | | |
| 5.- HERRMIENTAS MANUALES | | | | | | |
| 1 | Llave pico de loro | 4 | X | | | |
| 2 | Llave de tubo roja | 1 | | X | | |
| 3 | Cizalla manual amarilla | 1 | X | | | |
| 4 | Martillo | 3 | X | | | |
| 5 | Martillos de goma | 3 | X | | | |
| 6 | Desarmador plano | 6 | X | | | |
| 7 | Desarmador estrella | 5 | X | | | |
| 8 | Playos | 3 | X | | | |
| 9 | remachadoras | 3 | X | | | |
| 10 | remachadora de acordeón | 1 | X | | | |
| 11 | Remachadora neumática | 1 | X | | | |
| 12 | Combo | 1 | X | | | |
| 13 | Tijeras de corte normal | 3 | X | | | |
| 14 | Prensas grandes | 3 | X | | | |
| 15 | Prensas naranjas | 5 | X | | | |
| 16 | Playos de presión doble aleta | 2 | X | | | |
| 17 | Playo de presión aleta corta | 2 | X | | | |
| 18 | Playos de presión de aleta larga | 3 | X | | | |
| 19 | Escuadras pequeñas | 2 | X | | | |
| 20 | Escuadra grande | 2 | X | | | |
| 21 | Cinta métrica | 2 | X | | | |
| 22 | Pistolas de silicna | 3 | X | | | |
| 23 | Cierra | 1 | X | | | |
| 24 | Máscaras de soldar | 4 | | X | | Cambio de micas y vidrios |
| 25 | Mascará Facial | 2 | | | X | Cambio de micas |
| 26 | Escuadra falsa | 1 | X | | | |
| 27 | Juego de llave inglesa | 1 | | | X | El juego no está completo, falta 10, 12, 15, 16, 1/4, 5,16, 7/16 |
| 28 | Nivel | 5 | X | | | |
| 5.- MAQUINAS DE DOBLADO DE TOL | | | | | | |
| 1 | Dobladora de tol | 2 | X | | | |
| 2 | Dobladora de varilla | 1 | | X | | falta engrasar |
| 6.- MAQUINAS DE PINTADO | | | | | | |
| 1 | Compresor fijo 220 V | 2 | X | | | |
| 2 | compresor móvil 110 V | 1 | X | | | |
| 3 | Compresor móvil 220 V | 2 | X | | | |

ANEXO 4

Tabla 97. Determinación de pesos decimal en filas y columnas.

| Peso decimal de filas |
|---|
| $i_i = \sum_{p=1}^m b_{ip} 2^{(m-p)}$ |
| $i_1 = 1024 * 1 + 512 * 1 + 256 * 1 + 128 * 1 + 64 * 1 + 4 * 1 + 2 * 1 + 1 * 1$ |
| $i_1 = 1991$ |
| $i_2 = 32 * 1 + 16 * 1 + 8 * 1$ |
| $i_2 = 56$ |
| $i_3 = 1024 * 1 + 512 * 1 + 256 * 1 + 128 * 1 + 64 * 1 + 32 * 1 + 16 * 1 + 8 * 1 + 2 * 1 + 1 * 1$ |
| $i_3 = 2043$ |
| $i_4 = 1024 * 1 + 512 * 1 + 256 * 1 + 128 * 1 + 64 * 1 + 32 * 1 + 16 * 1 + 8 * 1$ |
| $i_4 = 2040$ |
| $i_5 = 1024 * 1 + 512 * 1 + 256 * 1 + 128 * 1 + 64 * 1 + 32 * 1 + 16 * 1$ |
| $i_5 = 2032$ |
| $i_6 = 1024 * 1 + 512 * 1 + 256 * 1 + 64 * 1 + 32 * 1 + 16 * 1 + 8 * 1 + 1 * 1$ |
| $i_6 = 1913$ |
| $i_7 = 32 * 1 + 16 * 1 + 8 * 1$ |
| $i_7 = 56$ |
| $i_8 = 4 * 1 + 2 * 1$ |
| $i_8 = 6$ |
| $i_9 = 8 * 1 + 4 * 1 + 2 * 1 + 1 * 1$ |
| $i_9 = 15$ |
| $i_{10} = 4 * 1 + 2 * 1$ |
| $i_{10} = 6$ |

$$i_{11} = 1024 * 1 + 512 * 1 + 256 * 1 + 128 * 1 + 64 * 1 + 1 * 1$$

$$i_{11} = 1985$$

$$i_{12} = 4 * 1 + 2 * 1$$

$$i_{12} = 6$$

$$i_{13} = 512 * 1 + 64 * 1$$

$$i_{13} = 576$$

$$i_{14} = 64 * 1 + 4 * 1 + 2 * 1$$

$$i_{14} = 70$$

$$i_{15} = 1024 * 1 + 512 * 1 + 256 * 1 + 128 * 1 + 1 * 1$$

$$i_{15} = 1921$$

Peso decimal de columnas

$$j_j = \sum_{p=1}^n b_{jp} 2^{(n-p)}$$

$$j_1 = 16384 * 1 + 4096 * 1 + 2048 * 1 + 1024 * 1 + 512 * 1 + 16 * 1 + 1 * 1$$

$$j_1 = 24081$$

$$j_2 = 16384 * 1 + 4096 * 1 + 2048 * 1 + 1024 * 1 + 512 * 1 + 16 * 1 + 4 * 1 + 1 * 1$$

$$j_2 = 24085$$

$$j_3 = 16384 * 1 + 4096 * 1 + 2048 * 1 + 1024 * 1 + 512 * 1 + 16 * 1 + 1 * 1$$

$$j_3 = 24081$$

$$j_4 = 16384 * 1 + 4096 * 1 + 2048 * 1 + 1024 * 1 + 16 * 1 + 1 * 1$$

$$j_4 = 23569$$

$$j_5 = 16384 * 1 + 4096 * 1 + 2048 * 1 + 1024 * 1 + 512 * 1 + 16 * 1 + 4 * 1 + 2 * 1$$

$$j_5 = 24086$$

$$j_6 = 8192 * 1 + 4096 * 1 + 2048 * 1 + 1024 * 1 + 512 * 1 + 256 * 1$$

$$j_6 = 16128$$

$$j_7 = 8192 * 1 + 4096 * 1 + 2048 * 1 + 1024 * 1 + 512 * 1 + 256 * 1$$

$$j_7 = 16128$$

$$j_8 = 8192 * 1 + 4096 * 1 + 2048 * 1 + 512 * 1 + 256 * 1 + 64 * 1$$

$$j_8 = 15168$$

$$j_9 = 16384 * 1 + 128 * 1 + 64 * 1 + 32 * 1 + 8 * 1 + 2 * 1$$

$$j_9 = 16618$$

$$j_{10} = 16384 * 1 + 4096 * 1 + 128 * 1 + 64 * 1 + 32 * 1 + 8 * 1 + 2 * 1$$

$$j_{10} = 20714$$

$$j_{11} = 16384 * 1 + 4096 * 1 + 512 * 1 + 64 * 1 + 16 * 1 + 1 * 1$$

$$j_{11} = 21073$$

ANEXO 5

| SRI | | Certificado Registro Único de Contribuyentes |
|--|---|--|
| Apellidos y nombres SHAMBI MOYOLEMA FRANKLIN MADISON | | Número RUC 1803296704001 |
| Estado ACTIVO | Régimen REGIMEN MICROEMPRESARIAL | Artesano No registra |
| Fecha de registro 20/06/2013 | Fecha de actualización 24/10/2021 | |
| Inicio de actividades 20/06/2013 | Reinicio de actividades No registra | Cese de actividades No registra |
| Jurisdicción ZONA 3 / TUNGURAHUA / AMBATO | | Obligado a llevar contabilidad NO |
| Tipo PERSONAS NATURALES | Agente de retención NO | Contribuyente especial NO |
| Domicilio tributario | | |
| Ubicación geográfica | | |
| Provincia: TUNGURAHUA Cantón: AMBATO Parroquia: HUACHI CHICO | | |
| Dirección | | |
| Calle: CUEVA CELI Número: S/N Intersección: JORGE ARAUJO Referencia: A UNA CUADRA DE PINTAMAX, CASA DE UN PISO, COLOR BLANCO | | |
| Medios de contacto | | |
| Teléfono domicilio: 032406219 Email: frankmadis1979@gmail.com Celular: 0969022705 | | |
| Actividades económicas | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • F43110001 - DEMOLICIÓN O DERRIBO DE EDIFICIOS Y OTRAS ESTRUCTURAS. • F41002002 - CONSTRUCCIÓN DE TODO TIPO DE EDIFICIOS NO RESIDENCIALES: EDIFICIOS DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL, EJEMPLO, AEROPORTUARIOS. INCLUYE REMODELACIÓN, RENOVACIÓN O REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS EXISTENTES • C25110401 - SERVICIOS DE APOYO A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS METÁLICOS PARA USO ESTRUCTURAL A CAMBIO DE UNA RETRIBUCIÓN O POR CONTRATO. • C24102902 - FABRICACIÓN DE OTROS PRODUCTOS DE ACERO: TABLETACAS DE ACERO Y SECCIONES ABIERTAS SOLDADAS DE ACERO, VIRUTA DE HOJAS DE ACERO. • C25110101 - FABRICACIÓN DE ESTRUCTURAS DE METAL MARCOS O ARMAZONES PARA CONSTRUCCIÓN Y PARTES DE ESAS ESTRUCTURAS: TORRES, MÁSTILES, ARMADURAS, PUENTES, ETCÉTERA; MARCOS INDUSTRIALES DE METAL: MARCOS PARA ALTOS HORNOS, EQUIPOS DE ELEVACIÓN Y MANIPULACIÓN, ETCÉTERA. • G46620401 - VENTA AL POR MAYOR DE PRODUCTOS DE ACERO. • F43901601 - CONSTRUCCIÓN DE CUBIERTA DE TECHOS Y TEJADOS DE EDIFICIOS RESIDENCIALES. • C16220201 - FABRICACIÓN DE PUERTAS, VENTANAS, CONTRAVENTANAS Y SUS MARCOS, TENGAN O NO HERRAJES, COMO BISAGRAS, CERRADURAS, ESCALERAS, BARANDALES. | | |
| Establecimientos | | |
| Abiertos | Cerrados | |
| 1 | 0 | |

1/2

www.sri.gob.ec

Figura 60. Ruc del taller industrial Shambi e Hijos.

ANEXO 6

Tabla 98. Secuencia de procesos para propuesta.

| DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD | ESTRUCTURAS GRAN ESCALA – CELDA 1 | | | | |
|--|-----------------------------------|-----------|--------------|---------|-------------|
| | Operación | Traslados | Inspecciones | Esperas | Inventarios |
| Verificación de materiales para placas base | | | | | 1 |
| traslado de material para placas a mesa de tronzadora | | 1 | | | |
| Limpieza de aceite en materiales para placas | 1 | | | | |
| marcaje de materia para palcas a medida | 2 | | | | |
| corte en tronzadora de material para placas | 3 | | | | |
| traslado de material cortado a mesa de trabajo 1 | | 2 | | | |
| Marcaje de placas según medida | 4 | | | | |
| Perforado de placas | 5 | | | | |
| Armado de placas base | 6 | | | | |
| Pintado de placas base | 7 | | | | |
| Trasporte a almacenamiento de materiales estructurales MP2 | | 3 | | | |
| Verificación de materiales estructurales | | | | | 2 |
| Trasporte de materiales estructurales a mesa de trabajo 2 | | 4 | | | |
| Limpieza de aceite en materiales estructurales | 8 | | | | |
| Traslado a almacenamiento de pintura 1 | | 5 | | | |
| Preparación de fondo para material estructural | 9 | | | | |
| Traslado a mesa de trabajo para pintado de material estructural | | 6 | | | |
| Pitado de material estructural | 10 | | | | |
| Encajonamiento de materiales según especificación con puntos de soldadura | 11 | | | | |
| Empate de correas mayores a 6 metros (Vigas o Columnas) | 12 | | | | |
| Remate con cordones de electrodo 7018 o MIG en vigas encajonadas y empatadas | 13 | | | | |

| | | | | | |
|--|---|-----------|--------------|---------|-------------|
| Verificación de calidad en cordones | | | 1 | | |
| Traslado a anaquel de herramientas | | 7 | | | |
| Preparación de herramientas y máquinas manuales de corte y pulido | 14 | | | | |
| Traslado de herramientas y máquinas manuales de corte y pulido a mesa de trabajo | | 8 | | | |
| Grateo de cordones de suelda en vigas encajonadas y empatadas | 15 | | | | |
| Marcaje de angulaciones en columnas y vigas | 16 | | | | |
| Cortes de angulación en vigas y columnas | 17 | | | | |
| Armado de cerchas para estructura (Unión de dos vigas) | 18 | | | | |
| Verificación de medidas en cerchas | | | 2 | | |
| Remate con cordones de suelda en cerchas según especificación | 19 | | | | |
| Grateo de cordones de suelda en cerchas | 20 | | | | |
| Traslado a almacenamiento de pintura 2 | | 9 | | | |
| Preparación de pintura de terminado para estructura | 21 | | | | |
| Traslado a mesa de trabajo 2 para pintado final de estructura | | 10 | | | |
| Pintado según especificación de vigas, columnas y cerchas | 22 | | | | |
| Inspección de vigas, columnas y cerchas | | | 3 | | |
| DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD | SECUENCIA DIVISIONES DE BAÑO EN ACERO INOX – CELDA 2 | | | | |
| | Operación | Traslados | Inspecciones | Esperas | Inventarios |
| Almacenamiento de planchas de acero inoxidable | | | | | 1 |
| Traslado de material a mesa de tol | | 1 | | | |
| Subir planchas de tol a mesa de trabajo | 1 | | | | |
| Marcado de planchas según especificaciones | 2 | | | | |
| Colocación de accesorio en cizalla | 3 | | | | |
| Colocación de plancha en cizalla | 4 | | | | |
| Corte de planchas de tol | 5 | | | | |

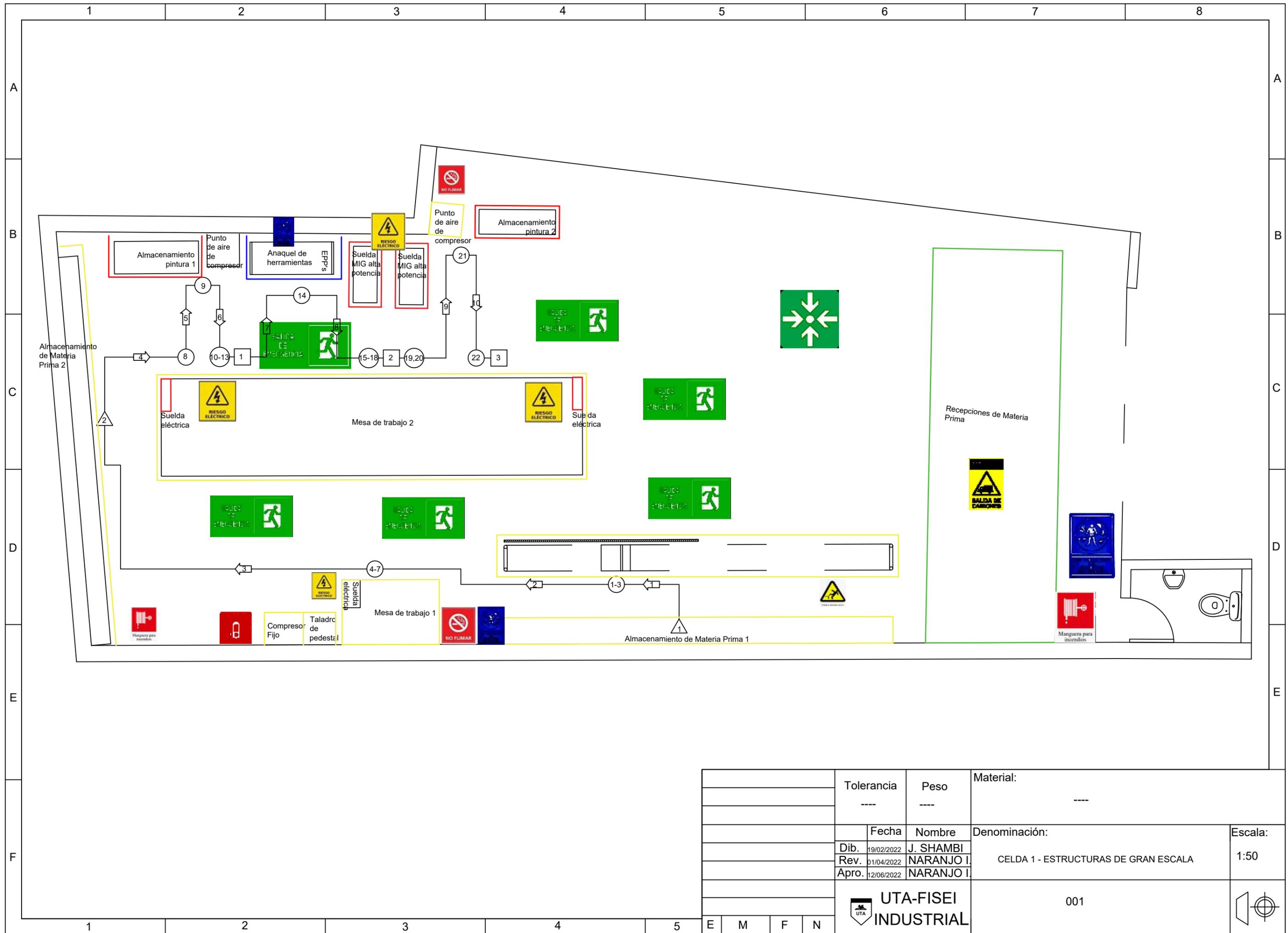
| | | | | | |
|---|---|-----------|--------------|---------|-------------|
| Traslado de piezas a dobladora | | 2 | | | |
| Colocación de pieza en dobladora | 6 | | | | |
| Doblado de material | 7 | | | | |
| Traslado a mesa de trabajo | | 3 | | | |
| Colocación de EPP's | 8 | | | | |
| Armado de productos con puntos de soldadura TIG | 9 | | | | |
| Verificación de medidas y escuadras de divisiones de baño | | | 1 | | |
| Remate con cordones de soldadura TIG | 10 | | | | |
| Colocación de accesorios en amoladora | 11 | | | | |
| Colocación de EPP's | 12 | | | | |
| Pulido de cordones para alisarlo | 13 | | | | |
| Traslado de producto a área de lavado | | 4 | | | |
| Colocación de EPP's | 14 | | | | |
| Preparación de ácido | 15 | | | | |
| Colocación de ácido en cordones de soldadura | 16 | | | | |
| Espera de concentración de ácido | | | | 1 | |
| Lavado de ácido | 17 | | | | |
| Secado del producto | 18 | | | | |
| Traslado a mesa de trabajo | | 5 | | | |
| Colocación de accesorios en taladro manual | 19 | | | | |
| Pulido de cordón con taladro manual para abrillantamiento | 20 | | | | |
| Colocación de brocas en taladro | 21 | | | | |
| Perforaciones para accesorios | 22 | | | | |
| Limpieza de rebabas | 23 | | | | |
| Colocación de accesorios | 24 | | | | |
| Inspección del producto terminado | | | | 2 | |
| Envalijado | 25 | | | | |
| | | | | | |
| DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD | SECUENCIA PUERTAS ELEGANTES SEMI BLINDADAS – CELDA 3 | | | | |
| | Operación | Traslados | Inspecciones | Esperas | Inventarios |
| Almacenamiento de materia prima | | | | | 1 |
| Transporte de materiales a mesa a tronzadora | | 1 | | | |

| | | | | | |
|---|----|---|---|--|---|
| Marcado de materia prima según medidas especificadas | 1 | | | | |
| Colocación de EPP's | 2 | | | | |
| Corte de material a medida | 3 | | | | |
| Transporte de piezas a la mesa de trabajo | | 2 | | | |
| Colocación de accesorios en amoladora | 4 | | | | |
| Corte de escuadras para armado | 5 | | | | |
| Retiro de rebabas de los cortes | 6 | | | | |
| Colocación de EPP's | 7 | | | | |
| Armado de productos con puntos de soldadura | 8 | | | | |
| Verificación de medidas del producto | | | 1 | | |
| Remate con cordones de suelda en uniones | 9 | | | | |
| Colocación de accesorios en amoladora | 10 | | | | |
| Desbastado de cordones | 11 | | | | |
| Limpieza de granulaciones de soldadura en productos | 12 | | | | |
| Colocación de accesorios en amoladora | 13 | | | | |
| Grateo de cordones visibles | 14 | | | | |
| Traslado a almacenamiento de planchas de tol | | 3 | | | |
| Verificación de material en almacenamiento de planchas de tol | | | | | 2 |
| Subir planchas de tol a mesa de trabajo y corte | 15 | | | | |
| Marcado de planchas de tol según especificaciones | 16 | | | | |
| Colocación de accesorio en cizalla | 17 | | | | |
| Colocación de plancha en cizalla | 18 | | | | |
| Corte del tol | 19 | | | | |
| Transporte a la dobladora de tol | | 4 | | | |
| Colocación de pieza en dobladora | 20 | | | | |
| Doblado de tol | 21 | | | | |
| Traslado a la mesa de trabajo | | 5 | | | |
| Colocación de brocas en taladro | 22 | | | | |
| Perforación | 23 | | | | |
| Colocación de piezas de tol en producto | 24 | | | | |

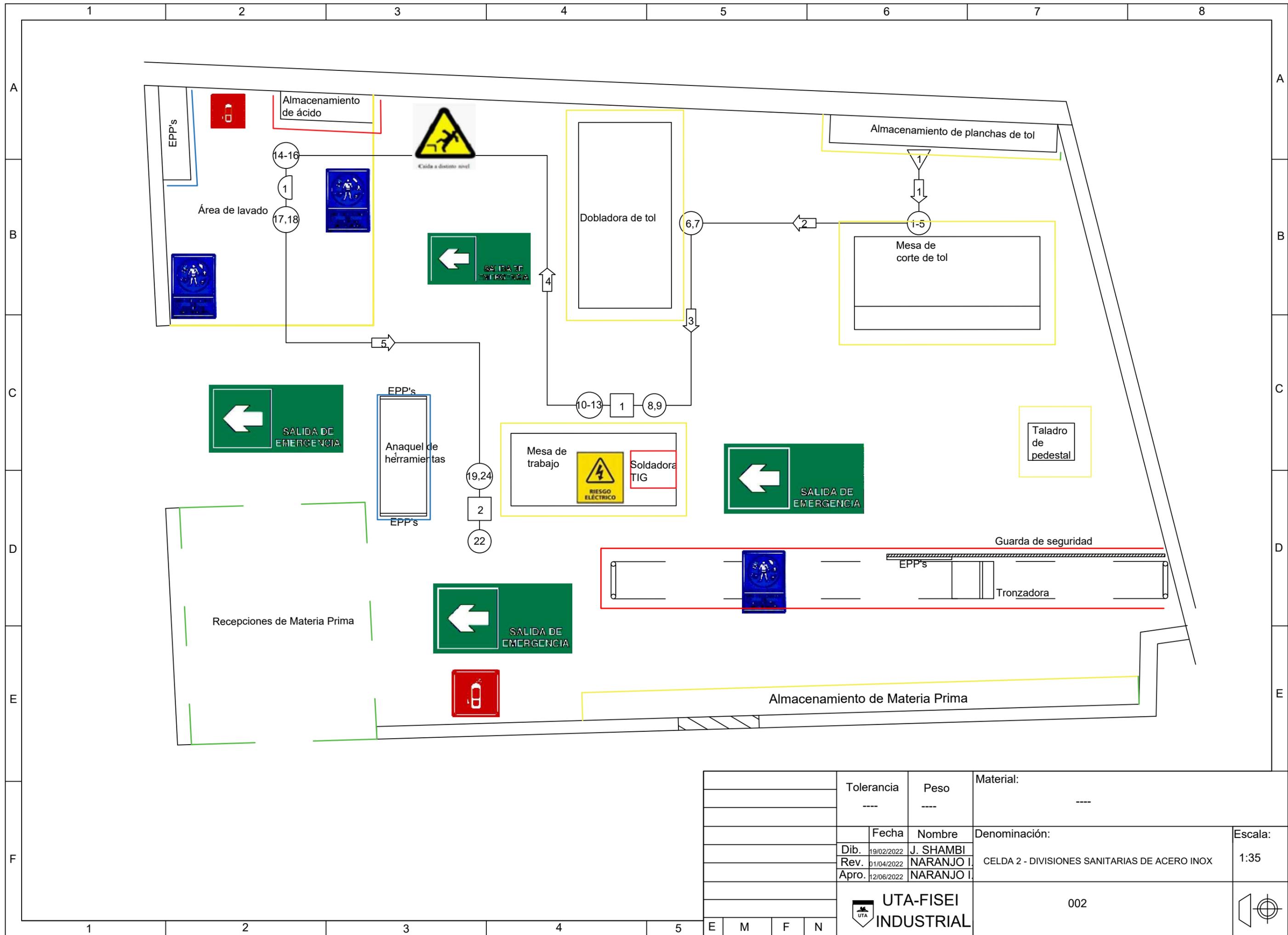
| | | | | | |
|--|----|---|---|---|--|
| Preparación de masilla | 25 | | | | |
| Masillado | 26 | | | | |
| Espera hasta que se seque el masillado | | | | 1 | |
| Preparación de lijadora eléctrica | 27 | | | | |
| Lijado de superficies | 28 | | | | |
| Limpieza de polvo | 29 | | | | |
| Traslado hacia el compresor | | 6 | | | |
| Preparación de pintura | 30 | | | | |
| Pintado | 31 | | | | |
| Secado de pintura | | | | 2 | |
| Traslado a la mesa de trabajo | | 7 | | | |
| Colocación de accesorios | 32 | | | | |
| Inspección | | | 2 | | |

ANEXO 7

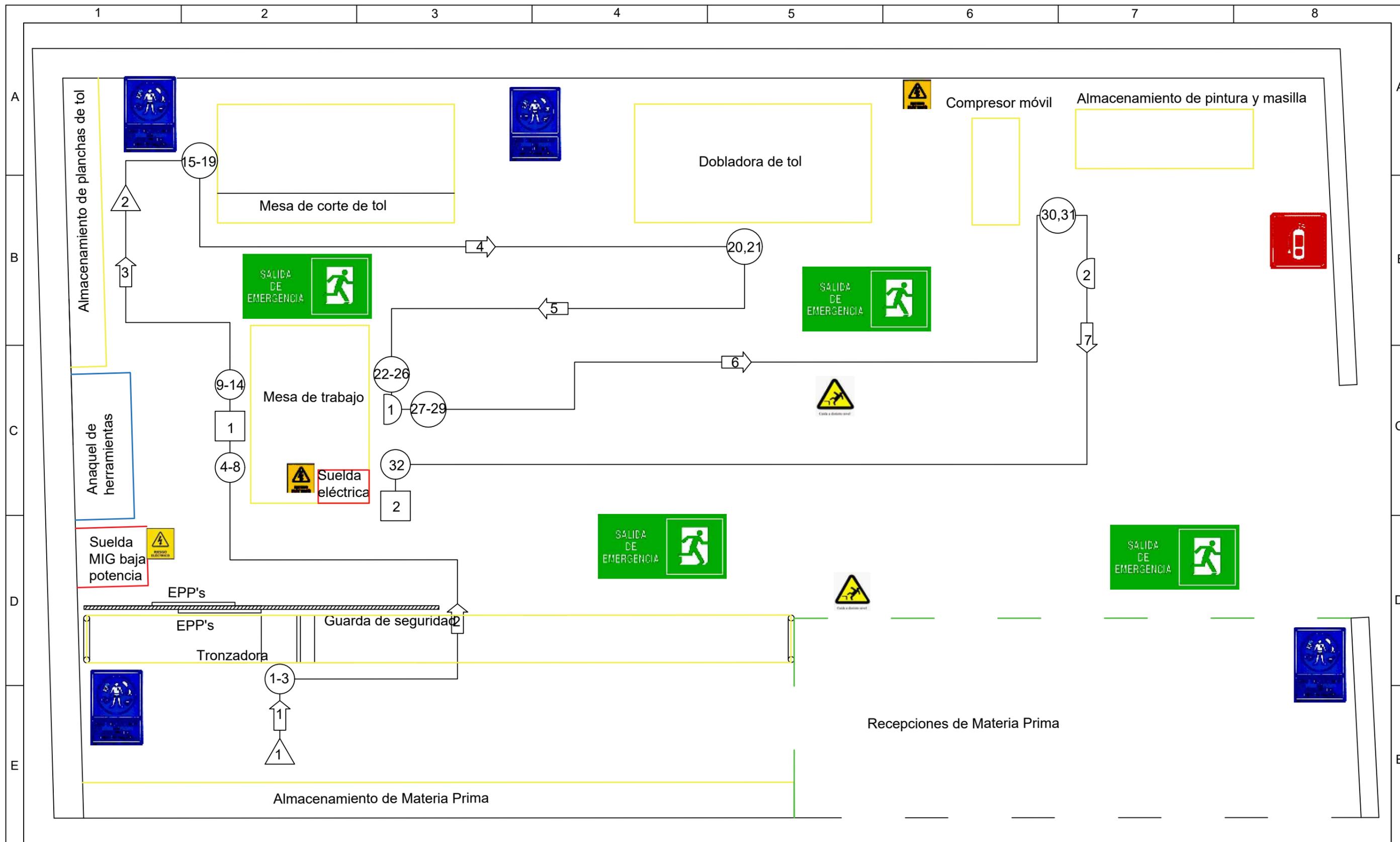
- Layout propuesto y diagrama de recorrido para celda 1.
- Layout propuesto y diagrama de recorrido para celda 2.
- Layout propuesto y diagrama de recorrido para celda 3.



| | | | | |
|-------|------------|------------|--------------------------------------|---------|
| | Tolerancia | Peso | Material: | |
| | --- | --- | --- | |
| | Fecha | Nombre | Denominación: | Escala: |
| Dib. | 19/02/2022 | J. SHAMBI | CELDA 1 - ESTRUCTURAS DE GRAN ESCALA | 1:50 |
| Rev. | 01/04/2022 | NARANJO I. | | |
| Apro. | 12/06/2022 | NARANJO I. | | |
| | | | 001 | |



| | | | | |
|-------|------------|------------|---|---------|
| | Tolerancia | Peso | Material: | |
| | --- | --- | --- | |
| | Fecha | Nombre | Denominación: | Escala: |
| Dib. | 19/02/2022 | J. SHAMBI | CELDA 2 - DIVISIONES SANITARIAS DE ACERO INOX | 1:35 |
| Rev. | 01/04/2022 | NARANJO I. | | |
| Apro. | 12/06/2022 | NARANJO I. | | |
| | | | 002 | |



| | | | | |
|-------|------------|------------|---|---------|
| | Tolerancia | Peso | Material: | |
| | --- | --- | --- | |
| | Fecha | Nombre | Denominación: | Escala: |
| Dib. | 19/02/2022 | J. SHAMBI | CELDA 3 - PUERTAS ELEGANTES SEMIBLINDADAS | 1:30 |
| Rev. | 01/04/2022 | NARANJO I. | | |
| Apro. | 12/06/2022 | NARANJO I. | | |
| | | | 003 | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | E | M | F | N |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|