



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Autor:

Angello Santiago Giuttari Claussi

Asesor:

Mg. Lucia Maribel Bautista Zuñiga

Lima - Perú

2021

DEDICATORIA

Dedico mi tesis a mis padres y hermanos, por ser un ejemplo de vida para mi todos los días, sé que sin ellos nada de esto hubiera sido posible, pero de manera muy especial a mi esposa y mi hijo que son mi motor y motivo para seguir creciendo día a día, ellos me impulsan a ser mejor en todos los aspectos.

AGRADECIMIENTO

Primero agradecer a Dios y a mi señor de los milagros por permitir lograr mis objetivos, agradezco a cada uno de los profesores que tuve en estos años de estudios en la universidad, por tener tanta vocación y paciencia para poder guiarme por el camino del aprendizaje, a mis compañeros y amigos de la universidad por haber compartido lo poco o mucho de sus conocimientos y poder haber hecho de mí una persona más sabia. A mi querida asesora por guiarme en este corto camino pero no menos importante, sé que sin su ayuda no estaría donde ahora estoy. A cada una de las personas que estuvieron en este tiempo a mi lado, mis padres, hermanos, esposa e hijo sin ustedes no sería quien soy.

Muchas gracias a todos y cada uno de ustedes, ahora puedo decir que valió la pena.

INDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|-----|
| DEDICATORIA..... | 2 |
| AGRADECIMIENTO | 3 |
| INDICE DE TABLAS..... | 5 |
| INDICE DE FIGURAS | 6 |
| RESUMEN | 7 |
| ABSTRACT | 8 |
| CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN | 9 |
| 1.1. Realidad Problemática | 9 |
| 1.2. Formulación del Problema..... | 10 |
| 1.3. Objetivos..... | 10 |
| 1.3.1. Objetivo general | 10 |
| 1.3.2. Objetivos específicos..... | 11 |
| 1.4. Hipótesis | 11 |
| 1.4.1. Hipótesis General | 11 |
| 1.4.2. Hipótesis Nula | 11 |
| 1.4.3. Hipótesis Alterna | 11 |
| 1.5. Variables | 11 |
| 1.5.1. Variable independiente..... | 11 |
| 1.5.2. Variable dependiente | 12 |
| 1.6. Marco teórico..... | 14 |
| 1.6.1. Antecedentes internacionales | 14 |
| 1.6.2. Antecedentes nacionales..... | 15 |
| 1.6.3. Bases teóricas | 18 |
| CAPITULO 2. METODOLOGÍA..... | 24 |
| 2.1. Tipo de investigación | 24 |
| 2.2. Población y Muestra (materiales, instrumentos y métodos) | 24 |
| 2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 25 |
| 2.4. Procedimiento | 27 |
| CAPITUTLO III. RESULTADOS | 94 |
| 3.1.1. Comparación de indicadores antes y después de la mejora | 94 |
| 3.2. Análisis financiero de la investigación | 96 |
| 3.3. Análisis inferencial..... | 101 |
| CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES | 107 |
| REFERENCIAS | 110 |
| ANEXO | 114 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1: Actividades más dinámicas del sector metalmeccánico | 9 |
| Tabla 2: Matriz de operacionalización | 13 |
| Tabla 3 técnicas para la recolección de los datos | 25 |
| Tabla 4 Clientes de la empresa | 36 |
| Tabla 5 Proveedores | 37 |
| Tabla 6 Productos y servicios | 38 |
| Tabla 7 Priorización de las causas | 59 |
| Tabla 8 Relación de áreas a distribuir | 62 |
| Tabla 9 Matriz de recorridos..... | 63 |
| Tabla 10 Situación actual del Recorrido..... | 65 |
| Tabla 11 Recorrido total diario..... | 66 |
| Tabla 12 nueva distribución de las áreas de producción | 68 |
| Tabla 13 Cantidades recorridas en metros..... | 69 |
| Tabla 14 Cantidad de equipos que intervienen en el proceso área corte | 72 |
| Tabla 15 Cantidad de equipos que intervienen en el proceso área soldadura | 72 |
| Tabla 16 Relación de áreas | 75 |
| Tabla 17 Relación de áreas | 76 |
| Tabla 18 Tiempo empleado en las operaciones..... | 76 |
| Tabla 19 Tiempo de Transporte de Material | 79 |
| Tabla 20 Tiempo de espera en el proceso de producción..... | 80 |
| Tabla 21 Diseño Original vs Diseño Propuesto..... | 86 |
| Tabla 22 Tiempo de Procesamiento antes de la implementación..... | 90 |
| Tabla 23 Tiempos de procesamiento individual..... | 90 |
| Tabla 24 Balance de operador | 91 |
| Tabla 25: Productividad antes de la mejora..... | 92 |
| Tabla 26 Tiempo total de procesamiento | 93 |
| Tabla 27 Balance del Operador Posterior a implementación | 93 |
| Tabla 28: Productividad después de la mejora..... | 94 |
| Tabla 29 Comparación de indicadores | 95 |
| Tabla 30: Costos del proyecto | 96 |
| Tabla 31: Flujo de caja proyectado a cinco años escenario probable..... | 98 |
| Tabla 32: Flujo de caja proyectado a cinco años escenario optimista..... | 99 |
| Tabla 33: Flujo de caja proyectado a cinco años escenario pesimista | 100 |
| Tabla 34 Prueba de normalidad de productividad | 101 |
| Tabla 35 Prueba de normalidad de eficiencia..... | 102 |
| Tabla 36 Prueba de normalidad de eficacia..... | 102 |
| Tabla 37 Productividad pre y post test | 103 |
| Tabla 38 <i>Prueba de muestras pareadas</i> | 103 |
| Tabla 39 Eficiencia pre y post test..... | 104 |
| Tabla 40 <i>Prueba de muestras pareadas</i> | 104 |
| Tabla 41 Eficacia pre y post test..... | 105 |
| Tabla 42 <i>Prueba de muestras pareadas</i> | 105 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: <i>Sistema de producción</i> | 21 |
| Figura 2: Sistema de producción. La producción y sus factores: incidencia de mejoramiento organizacional. Fontalvo et al. (2018)..... | 21 |
| Figura 3: Características de los sistemas de producción | 22 |
| <i>Figura 4:</i> Características de los sistemas de producción..... | 22 |
| <i>Figura 5:</i> Modelo de la eficiencia y la eficacia | 22 |
| Figura 6: Organigrama de la Empresa..... | 28 |
| Figura 7: Mapa de procesos la empresa | 32 |
| Figura 8: Cadena de Valor Elaboración: propia | 34 |
| Figura 9: Porcentaje de participación por cliente | 36 |
| Figura 10: Participación de los proveedores | 37 |
| Figura 11: Participación de productos más representativos | 39 |
| Figura 12: Productos..... | 40 |
| Figura 13: Estructuras Metálicas de techo..... | 41 |
| Figura 14: Techos metálicos..... | 46 |
| Figura 15: Diagrama de Operaciones del Proceso..... | 48 |
| Figura 16: Diagrama de Flujo..... | 49 |
| Figura 17: Layout del proceso de fabricación | 57 |
| Figura 18: Diagrama de Ishikawa Elaboración: propia | 58 |
| Figura 19: Diagrama de Pareto | 59 |
| Figura 20: Diagrama relacional de actividades Elaboración: propia..... | 64 |
| Figura 21: Diagrama relacional | 65 |
| Figura 22: Esquema de bloques..... | 66 |
| Figura 23: Layout Propuesto | 67 |
| Figura 24: Diagrama de actividades del proceso..... | 70 |
| Figura 25: Contenedor Marítimo Almacén | 74 |
| Figura 26: Tiempo de transporte | 80 |
| Figura 27: Tiempo de espera en minutos..... | 81 |
| Figura 28: Diferencia entre el diseño actual y mejorado..... | 88 |

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo diseñar y distribuir la planta para mejorar la productividad de procesos de fabricación de estructuras metálicas en una empresa metalmeccánica. La investigación es de tipo aplicado, con diseño pre experimental. Como resultado se logró una reducción en los metros recorridos por los operadores entre las distintas áreas en el taller de producción de 1981.39 metros los cuales fueron tomados inicialmente a 1256.71 correspondientes a la etapa posterior a la implementación de las herramientas, lo cual representa una variación de 36.6%. En lo que respecta al espacio utilizado en el taller de producción de 311.23 metros cuadrados los cuales fueron tomados inicialmente a 286.71 correspondientes a la etapa posterior a la implementación de las herramientas, ello representa una variación a la mejora de 7.9% y también, la mejora en la utilización de la mano de obra en el taller, reduciendo así la cantidad de 11 trabajadores interactuando en la fabricación de las estructuras, a una cantidad de 9 trabajadores, esto representa una variación del 18.18%.

Como consecuencia de la implementación de las mejoras a través de las herramientas, se logró incrementar la Productividad total del taller de fabricación de 69.1% obtenidas en la etapa de Pre Test a una productividad mejorada de 81.2%. Finalmente, se llevó a cabo el análisis de flujo de caja, donde se pudo conocer el indicador del estado más probable con un VAN de S/136,515.87, el TIR de 147% y un IR de S/. 7.01. Con estos resultados se puede concluir que el proyecto es factible.

PABLABRAS CLAVES: Diseño y distribución, mejora, productividad, metalmeccánica

ABSTRACT

The objective of this instigation work was to design and distribute the plant to improve the productivity of metal structure manufacturing processes in a metalworking company. The research is of an applied type, with a pre-experimental design. As a result, a reduction was achieved in the meters traveled by the operators between the different areas in the 1981 production workshop, 39 meters which were initially taken at 1256.71 corresponding to the stage after the implementation of the tools, which represents a variation of 36.6%. Regarding the space used in the production workshop of 311.23 square meters which were initially taken to 286.71 corresponding to the stage after the implementation of the tools, this represents a variation to the improvement of 7.9% and also, the improvement in the use of labor in the workshop, thus reducing the number of 11 workers interacting in the manufacture of structures, to a number of 9 workers, this represents a variation of 18.18%.

As a consequence of the implementation of the improvements through the tools, it was possible to increase the total productivity of the manufacturing workshop from 69.1% obtained in the Pre Test stage to an improved productivity of 81.2%. Finally, the cash flow analysis was carried out, where it was possible to know the indicator of the most probable state with a NPV of S / 136,515.87, the IRR of 147% and an IR of S /. 7.01. With these results it can be concluded that the project is feasible.

KEY WORDS: Design and distribution, improvement, productivity, metalworking

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

El desempeño del sector metalmeccánico no solo define las trayectorias de crecimiento, sino es uno de los sectores estratégicos para el desarrollo. Asimismo, entre los países más desarrollados referente a la industria metalmeccánico es Estados Unidos, Japón, China, Alemania, Corea del Sur y España (CCL, 2021).

En Latinoamérica el sector metalmeccánico impulsa las economías de cada país. Asimismo, constituye el 16% del PBI industrial, también es generador de fuentes de empleos. Las exportaciones activan la economía y las fortalece las relaciones comerciales con diferentes países. Sin embargo, en los últimos años se ha presentado el desafío de competencia contra otros mercados (Ferrepro, 2019).

Según la Sociedad Nacional de Industrias (SIN, 2019), la producción del rubro metalmeccánica en el Perú, la cual provee bienes de capital como máquinas, equipos e instalaciones para industrias como la minería, construcción, transporte y otros sectores, ha tenido un crecimiento del 10,2% en el año 2018, debido a la demanda generada por el crecimiento de las empresas tanto públicas como privadas.

Tabla 1: *Actividades más dinámicas del sector metalmeccánico*

| Producción | % participación |
|---|------------------------|
| • Motores, generadores, transformadores | 32,8% |
| • Motocicletas | 22,8% |
| • Partes, piezas y accesorios para vehículos | 15,3% |
| • Carrocerías para vehículos automotores | 8,5% |
| • Otros productos elaborados de metal | 7,1% |
| • Motores y turbinas | 6,8% |
| • Artículos de cuchillería, herramienta de mano y artículos de ferretería | 6,7% |

- | | |
|--|------|
| • Productos metalmeccánicos para uso estructural | 6,6% |
| • otros hilos y cables eléctricos | 6,3% |
| • Pilas, baterías y acumuladores | 3,9% |

Nota: adaptado de boletín informativo de la Sociedad Nacional de Industrias (SIN, 2019).

En este sentido, en el año 2017, el sector metalmeccánico representó el 13,6% del total de valor agregado del sector manufacturero y un 1,7% del PBI de la economía del Perú. Por otro lado, las exportaciones en el mismo periodo crecieron a 534 millones de dólares, con una representación del 4,6% del valor total de las exportaciones (RPP, 2020).

La presente investigación se llevó a cabo en la empresa DRJ METAL GROUP S.A.C. es una empresa que presta bienes y servicios, con capital peruano, ubicada en el departamento de Ancash, dedicada principalmente a la fabricación de productos metálicos para uso estructural. En los últimos años la empresa metalmeccánica ha venido trabajando a un nivel de productividad del 67% debido a diversos motivos entre ellas, la mala utilización de espacios, falta de flujo de trabajo, tiempos muertos, como consecuencia una mala distribución de la planta.

1.2. Formulación del Problema

¿Cómo el diseño y distribución de planta se mejorará la productividad del proceso de fabricación de estructuras metálicas en una empresa metalmeccánica?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseño y distribución de planta para mejorar la productividad del proceso de fabricación de estructuras metálicas en una empresa metalmeccánica.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar el diagnóstico actual del diseño y distribución de planta para mejorar la productividad del proceso de fabricación de estructuras metálicas en una empresa metalmeccánica.
- Definir o medir los indicadores del diseño y distribución de planta para mejorar la productividad del proceso de fabricación de estructuras metálicas en una empresa metalmeccánica.
- Diseño y distribución de la planta para mejorar la productividad del proceso de fabricación de estructuras metálicas en una empresa metalmeccánica.
- Realizar un análisis de costo beneficio para determinar la viabilidad económica de la propuesta de mejora.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis General

Con el diseño y distribución de la planta se mejorará la productividad del proceso de fabricación de estructuras metálicas en una empresa metalmeccánica.

1.4.2. Hipótesis Nula

Con el diseño y distribución de la planta no se mejorará la productividad del proceso de fabricación de estructuras metálicas en una empresa metalmeccánica.

1.4.3. Hipótesis Alterna

Con el diseño y distribución de la planta se mejorará la productividad del proceso de fabricación de estructuras metálicas en una empresa metalmeccánica.

1.5. Variables

1.5.1. Variable independiente

Diseño y distribución de planta

1.5.2. Variable dependiente

Productividad

Tabla 2: Matriz de operacionalización

| Variables | Definición Conceptual | Dimensiones | Indicador | Fórmula | Autor | Escala |
|-----------------------|--|-------------|---|---|--|--------|
| Diseño y distribución | Según (Díaz y Noriega, 2017), la distribución de planta es el ordenamiento físico de los factores de la producción, donde cada uno ellos están ubicados, con el fin de asegurar las operaciones para el logro de los objetivos. | Layout | Método diagrama Relacional de Actividades | $= \frac{\text{Metros recorridos propuestos}}{\text{Metros recorridos actual}}$ | Díaz y Noriega (2017) | Razón |
| | | | Método GUERCHER | $= \frac{\text{Utilización de espacio actual}}{\text{Utilización de espacio propuesto}}$ | Díaz y Noriega (2017) | Razón |
| | | | Número de máquina | $= \frac{\text{Tiempo de la operación por pieza por máquina}}{\text{Nº total de horas disponibles al año}}$ | Díaz y Noriega (2017) | Razón |
| Productividad | Según Niebel y Freivalds (2009), la mejora de la productividad hace referencia al incremento en la cantidad de producción por horas trabajadas. La Productividad es el valor de los productos, dividido entre los valores de los recursos se han utilizado como insumos. | Eficiencia | Nivel de producción | $= \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Unidades planificadas}}$ | KRAJEWSKI, LEE; RITZMAN, LARRY; MALHOTRA, MANOJ - 2008 | Razón |
| | | | Necesidad mano de obra | $= \frac{\text{Requerimiento de H.H.Por periodo}}{\text{Horas disponible por periodo}}$ | Díaz y Noriega (2017) | Razón |
| | | | Tiempo de producción | $= \frac{\text{Horas hombre actual}}{\text{Horas hombre planificada}}$ | KRAJEWSKI, LEE; RITZMAN, LARRY; MALHOTRA, MANOJ - 2008 | Razón |

Elaboración: propia

1.6. Marco teórico

1.6.1. Antecedentes internacionales

Espino (2018) en su investigación denominada “La disposición de planta en la fabricación de productos de madera y su relación con la productividad en la empresa Derivados de la Madera S.R.L” plantea como objetivo reducir los tiempos de recorrido entre operaciones y el área de fabricación e incrementar la productividad de la mano de obra diaria, donde utilizaron herramientas de ingeniería para analizar los procesos actuales e identificar oportunidades de mejora. Como resultado, se logró reducir el área de fabricación de 1,168 metros cuadrados a 1098 metros cuadrados, logrando un aumento en la productividad mano de obra en la línea de piezas de madera de 2,976 piezas a 3,120 unidades; en cuanto, a la línea de tableros de madera de 512 unidades a 1,024 unidades diarias. Finalmente, concluye que, conforme a la necesidad y relación de espacios, es importante respetar los espacios de recorrido de distancia entre una maquina a otra, para un mejor transporte, manejo de producción en proceso y desenvolvimiento de las actividades del operario.

Roa y Rivera (2017) en su investigación denominada “Propuesta para el diseño y distribución de planta para las instalaciones de producción de biopinturas mediante técnicas de ingeniería” plantea el objetivo de incrementar la eficiencia de la planta con la finalidad de reducir los costos de transporte, utilizando herramientas de ingeniería para modelar los procesos y recorridos dentro de las zonas de producción y almacenamiento, asimismo para diagnosticar las actividades e identificar oportunidades de mejora. Como resultado, se incrementó la eficiencia de la planta de 52% a 76%, además se logró la reducción de la distancia entre las áreas de 89.11 metros a 53.24 metros, reduciendo así el costo de transporte de \$79.158.072.433,37 a \$31.143.467.601 (Pesos Colombianos). Finalmente, concluye que, el proyecto le brinda a la empresa Bio Pinturas S.A.S. la

oportunidad de mejorar la organización de sus espacios y de esta manera aumentar la productividad de sus trabajadores.

Sánchez y Soberón (2017) en su investigación denominada “Rediseño de distribución en planta para reducir el costo de movimiento de materiales en la empresa de calzado Paola Della Flores” plantea como objetivo disminuir los costos de movimientos de materiales e incrementar la capacidad de producción semanal de una empresa de fabricación de calzados, utilizando herramientas de ingeniería para caracterizar los procesos e identificar oportunidades de mejora. Como resultado, se logró disminuir los costos de movimientos de materiales en 59% semanal y se logró incrementar la capacidad de producción instalada en 38 docenas semanales, es decir, se incrementó en 25% la capacidad para producir. Finalmente, concluye que, es necesario implementar el nuevo diseño de distribución de planta, dado que está ligado al costo de oportunidad; ya que se logrará un ahorro significativo del 59%, y el aumento de la utilización de la capacidad instalada.

1.6.2. Antecedentes nacionales

Ospina (2016) en su proyecto de investigación titulada “Propuesta de distribución de planta, para aumentar la productividad en una empresa metalmeccánica en Ate Lima, Perú” estableció como objetivo incrementar la productividad en el área producción a través de la reducción del recorrido entre el área de troquelado y soldadura, para tal objetivo utilizaron herramientas de ingeniería orientados a caracterizar el proceso e identificar oportunidades de mejora. Como resultado, se redujo el costo de horas hombre de S/. 21.65 a S/. 12.99 diarias en las áreas de troquelado, plegado y soldadura. Ello se refleja en un ahorro mensual de S/. 2701.92 mensuales. Finalmente, se concluye que los métodos actuales de trabajo son improductivos y el desorden en las áreas genera

problemas como accidentes, recorridos innecesarios, tiempos muertos e incomodidad para los operarios.

Rosero (2021) en su proyecto de investigación titulada “Optimización de la distribución en planta de la central Diésel de la Empresa Eléctrica Regional Norte S.A.” plantea como objetivo la reducción del recorrido del objeto de trabajo y la optimización del espacio disponible mediante la distribución de planta, donde utilizaron herramientas de ingeniería para analizar los procesos actuales e identificar oportunidades de mejora. Como resultado, se redujo el costo total de transporte de \$ 2504 a \$ 1051, de \$ 1623 a \$533 y de \$15693 a \$11789 para el área de almacenamiento, oficinas y parqueadero respectivamente. Finalmente, concluye que la propuesta de distribución en planta elaborada por el método SLP y validado por el método CORELAP, se rigen a los principios de la distribución en planta y de esta forma permite la optimización del flujo de secuencias tecnológicas.

Loredo y Morin (2016) en su proyecto de investigación titulada “Propuesta de redistribución de planta para mejorar la capacidad de producción del área de rectificado de la Empresa Rectificaciones Augusto” plantea como objetivo incrementar la capacidad de producción en el área de rectificado de la empresa Rectificaciones Augusto S.A.C. donde utilizaron herramientas de ingeniería para caracterizar el proceso, lo cual les permitió analizar e identificar oportunidades de mejora. Como resultado, se logró reducir el tiempo por rectificado de 262.7 minutos a 254.2 minutos, se redujo la distancia recorrida de 96 metros a 32.5 metros, como consecuencia de ello se incrementó la cantidad anual de rectificadores de 329 unidades a 367 unidades. Finalmente, concluye que, una óptima redistribución de planta permite elevar al máximo la productividad y, por ende, aumentar los ingresos económicos.

Mendo (2021) en su proyecto de investigación titulada “Diseño de una distribución de planta para incrementar los niveles de productividad en la empresa Inversiones CIMAS E.I.R.L.” plantea el objetivo de incrementar la productividad en el área de fabricación mediante la aplicación de una efectiva redistribución de planta y utilizando herramientas de ingeniería para diagnosticar los procesos, lo cual le permitió analizar e identificar oportunidades de mejora. Como resultado, lograron incrementar la productividad de fabricación diaria por trabajador de 14 cajas a 15 cajas, de 143 estacas a 219 estacas y de 17 parihuelas a 19 parihuelas. Finalmente, concluye que el layout inicial no cumplía con el principio de la distancia mínima recorrida, ni con la distribución ideal propuesta por los operarios expertos de la empresa.

Gonzales M y Rojas S (2016) en su investigación “Optimización de la distribución del taller de servicios de mantenimiento de la empresa SCANIA PERÚ S.A.” plantea como objetivo incrementar la productividad del taller de mantenimiento mediante una efectiva distribución de sistemática planta, y utilizando herramientas de ingeniería para diagnosticar los procesos, lo cual le permitió analizar e identificar oportunidades de mejora. Como resultado, se logró incrementar el número de servicios anuales en un 20%, lo cual representa para la empresa ingresos de \$154,418.82 al año. Finalmente, concluye que, existen tres causas que genera el desaprovechamiento de espacios en el taller de mantenimiento de Scania Perú S.A.: Distribución inadecuada de las áreas dentro del taller, no se planifica adecuadamente los servicios y una distribución ineficiente del personal técnico.

Angulo y Medrano (2019) en su investigación titulada “Implementación de un plan de mejora para optimizar la productividad en una empresa fabricante de piezas de fibra de vidrio” plantea el objetivo de incrementar la productividad de la empresa Fibras Alfa E.I.R.L. utilizando herramientas de ingeniería, entre ellas la realización de una nueva

distribución de planta. Como resultado, se logró incrementar la productividad de la empresa fabricante de piezas de fibras de vidrio en 12.29%, se redujo el tiempo estándar de fabricación en 14.42% se redujeron los costos de producción en 12.87% y se redujo el espacio ocupado por objetos innecesarios en 39.64%. Finalmente, concluye que, es necesario ampliar la línea de producción con el nuevo espacio disponible en la planta, con el fin de obtener mayores ingresos para la empresa.

1.6.3. Bases teóricas

1.6.3.1. Diseño y distribución de planta

Es uno de los elementos que conformar el sistema de producción en el área de trabajo, con el fin de lograr los objetivos de fabricación de la manera más eficiente posible. Además, se le considera como una de las decisiones más significativas de estrategia en las operaciones, ya que la distribución tiene un impacto y directo en la producción y el nivel de productividad de las empresas industriales (Pérez, 2016).

Por otro lado, Buitrago (2019) afirma que la distribución de planta es una metodología empleada para ordenar en sistemas de manufactura, acuñados en métodos cuantitativos y técnicas multicriterio. Además, son utilizadas en diferentes empresas, con el fin de lograr diferentes rutas para el flujo de producto, mejorar el tiempo de ciclo de producción y la eficiencia.

Para Garza y Martínez (2019), el desempeño óptimo de las industrias de producción de bienes o servicios pasan por una correcta distribución, de manera que les permita responder exitosamente tanto a las situaciones actuales como a los escenarios futuros. En este contexto, existen estudios que estiman que del 20 al 50% de los gastos totales que intervienen en el área de producción, se le puede designar a la disposición de la planta, y un layout eficiente minimiza los costos entre el 10 y 30%. Por esta razón, se

puede decir que la distribución de planta es una de las tareas más importantes y una de las más críticas para mejorar la tasa de la producción y lograr el flujo de trabajo.

El autor Gonzales (2015) manifiesta que los objetivos básicos que ha de lograr una buena distribución en planta son las siguientes:

- **Unidad:** lograr la integración de todos los elementos que intervienen en la producción
- **Circulación mínima:** procurar que los recorridos realizados por los materiales y hombres sean óptimos.
- **Seguridad:** garantizar la seguridad, comodidad y satisfacción del personal.
- **Flexibilidad:** la distribución de la planta en ocasiones necesitara adaptarse a los cambios.

1.6.3.2. Métodos de evaluación de localización

Según Díaz, Jarufe y Noriega (2014) la localización en particular de la empresa va a depender en gran medida de los productos y del mercado que está dirigido, por lo cual se hace difícil el planteamiento de un método universal que proponga una solución óptima. Además, el éxito de la empresa va a depender mucho de la estrategia de gestión que empleen, siendo la localización un factor fundamental. Seguidamente, se presenta los métodos de localización:

a) Métodos cualitativos de evaluación

Antecedentes industriales

Si unas áreas determinadas existen industrias similares, esta área es idónea para el proyecto. Asimismo, las limitaciones de este método son obvias, desde el análisis.

Factor preferencial

Basa la selección en la elección personal.

Factor dominante

Este punto no otorga opciones de localización. Por ejemplo, es el caso de las empresas mineras o petroleras, donde el recurso define la ubicación.

b) Métodos semicuantitativos de evaluación

Método de ranking de factores

Es una técnica que sirve para realizar la evolución considerando los factores de localización de la planta, como el mercado, materia prima, mano de obra, servicios, transporte entre otros.

1.6.3.3. Técnica para el cálculo de requerimiento de área

▪ Método Guerchet para el cálculo de superficies

Según Díaz, Jarufe y Noriega (2014), con este método se logra obtener un valor referencial del área que se requiere. Este método ha sido validado a través de su utilización en diversos estudios de disposición de planta. Asimismo, es preciso identificar la cantidad de máquinas y equipos, cantidad de colaboradores y equipo de acarreo, con el fin de distribuir la superficie total y se calcula como la suma de tres superficies:

$$ST = n (S_s + S_g + S_e)$$

Donde:

ST = superficie total

S_s = superficie estática

S_g = superficie de gravitación

S_e = superficie de evolución

n = número de elementos móviles o estáticos de un tipo.

1.6.3.4. Producción

Según Fontalvo et al. (2018), la producción es la actividad que genera valor para la creación de los productos o servicios para lo cual se disponen de muchos recursos para lograr los procesos y satisfacer la demanda, entre los cuales se encuentran, la mano de obra, capital y materia prima. Asimismo, es importante conocer cuál es el rendimiento de cada uno de los recursos y de qué manera están aportando para el logro de la meta.

Figura 1: *Sistema de producción*

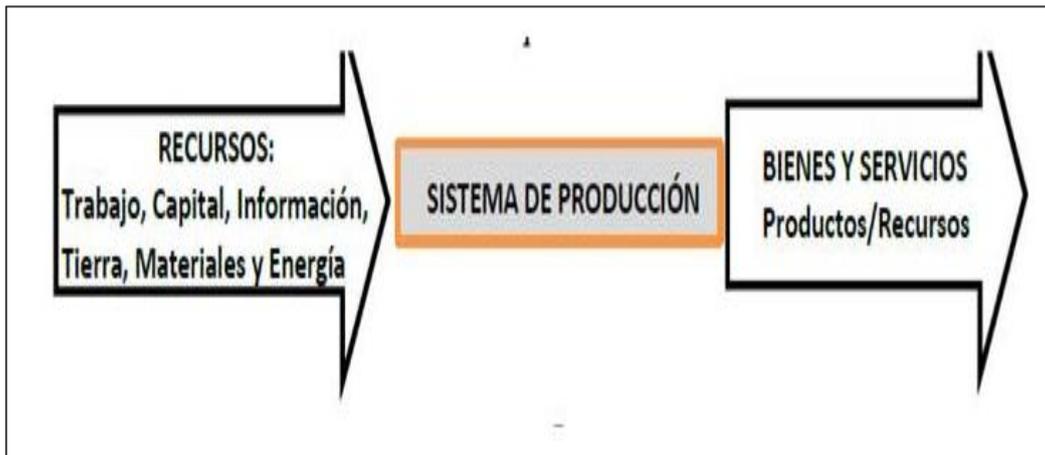


Figura 2. Sistema de producción. La producción y sus factores: incidencia de mejoramiento organizacional. Fontalvo et al. (2018)

Para Salazar et al. (2010), en la actualidad las necesidades de los clientes respecto al tiempo y volumen determinar el ambiente de fabricación de la empresa, tal como se muestra en la figura 1. Asimismo, cuando se produce en mayor variedad, los volúmenes de fabricación van a ser menores, ya que se emplean tiempos elevados en las actividades, se sacrifica la capacidad y se recurre a ambientes tipo taller; mientras que, para la producción de mayor volumen de productos se precisa mayor automatización, lo que disminuye la cantidad de productos, y la característica es de una fabricación en masa.

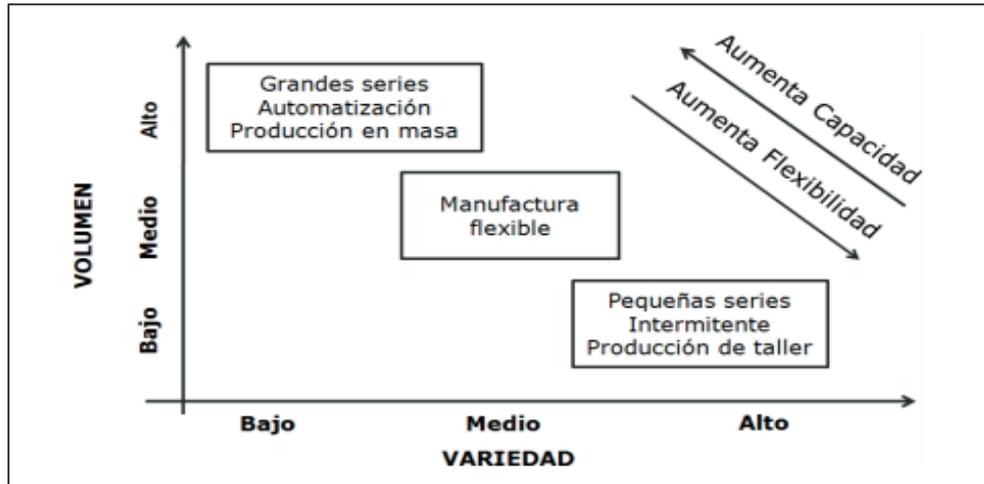


Figura 3. Características de los sistemas de producción

Nota: adaptado de propuesta de Distribución en planta Bieta en ambientes de manufactura flexible mediante proceso analítico. Salazar et al. (2010).

Eficiencia y eficacia

Según Pinheiro de Lima (2017), la eficiencia está relacionada con el empleo de los recursos y lidia con los ingresos del índice de la productividad. La eficiencia se refleja, en el desempeño de la unidad analizada. Por otro lado, la eficacia, está enfocada para los resultados y relacionada a ofrecer a los clientes lo que exigen. A continuación, se muestra el modelo de la eficiencia y la eficacia.

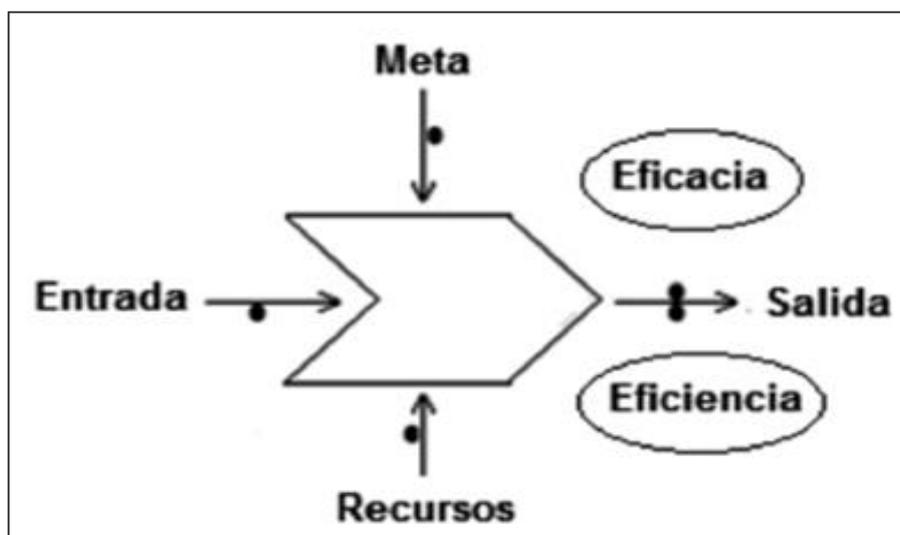


Figura 4. Modelo de la eficiencia y la eficacia

Nota: A new definition of infernal and how to evaluate it. Pinheiro de Lima (2017)

Productividad

Según Niebel y Freivalds (2009), La Productividad es el valor de los productos, dividido entre los valores de los recursos se han utilizado. La mejora de la productividad es el incremento en la cantidad de la producción por el tiempo de trabajo invertida. Asimismo, la única manera en que una empresa pueda incrementar sus ganancias es a través del aumento de su productividad.

Por otro lado, Krajewski et al. (2008) definen a la productividad como la razón del valor de los productos producidos, divididos entre los valores de los insumos empleados. A continuación, se muestra la fórmula:

$$Productividad = \frac{Productos}{Insumos}$$

Control de calidad

Para Meza (2015) en control de la calidad es el procedimiento que establece límites aceptables para la variación del tamaño, peso, acabados, entre otros. Tanto en los productos como en servicios.

CAPITULO 2. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El presente estudio es de tipo aplicado, ya que pretende mejorar la fabricación de las piezas metálicas mediante el diseño y distribución de la planta. Para Hernández y Mendoza (2018) este tipo de investigación es tipo aplicado, ya que tiene como objetivo solucionar un problema en un periodo de tiempo corto.

El presente estudio según su enfoque es cuantitativo, ya que se busca mejorar la fabricación de piezas metálicas. Según Hernández y Mendoza (2018), el enfoque cuantitativo emplea la recolección y el análisis de datos para dar respuesta a las preguntas de la investigación y probar las hipótesis planteadas, y confía en la medición numérica, el uso de la estadística.

La presente investigación es de diseño pre experimental, ya que pretende mejorar la fabricación de estructuras metálica en una empresa metalmeccánica. Según Hernández y Mendoza (2018), la situación de control donde se manipulan intencionalmente, una o más variables independientes, con el fin de analizar los resultados en las variables dependientes.

2.2. Población y Muestra (materiales, instrumentos y métodos)

2.2.1. Población

La población de la presente investigación será la fabricación de las piezas metálicas en una empresa metalmeccánica en un semestre de enero a julio del año 2021.

2.2.2. Muestra

La población de la presente investigación será la fabricación de las piezas metálicas en una empresa metalmeccánica en un semestre de enero a julio del año 2021.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.3.1 Instrumentos de recolección:

Seguidamente se detalla los métodos, fuentes y técnicas para la recolección de los datos.

Tabla 3 técnicas para la recolección de los datos

| Técnica | Justificación | Instrumento | Aplicado en |
|-------------------------------|---|--|---------------------------------|
| Observación directa | Permitió identificar las actividades que realizan los colaboradores del área involucrada en la investigación. | Cuaderno de apuntes, Lapiceros, Cámara, etc. | Operarios |
| Encuesta | Permitió conocer los procesos dentro del área, la distribución y cada una de las actividades que se realizan. | Guía de cuestionario, Lapiceros. | Jefe de operaciones y operarios |
| Análisis de documentos | Permitió analizar la información relevante de la distribución de la planta y los procesos. | Laptop y Excel, calculadora, lapicero | Registros físicos de procesos. |

Elaboración: propia

Observación directa y análisis de documentos

Objetivo: esta técnica permitirá conocer la productividad actual y la distribución de la planta y cada una de las actividades que se realizan.

Procedimiento:

- realizar el análisis de la planta y la productividad
- analizar los procesos de producción de las piezas metálicas
- Registrar los datos de acuerdo a la secuencia lógica de las actividades

Secuela:

- Registro con imágenes de la distribución de la planta
- Registro el flujo del proceso de producción de las estructuras metálicas

Instrumentos:

- Cámara fotográfica
- Laptop
- Excel

Encuesta

Objetivo: Obtener información de la situación actual de la productividad y el diseño y distribución de la planta de la empresa.

Procedimiento: se realizará la encuesta para conocer la situación actual de la productividad de procesos de fabricación de estructuras metálicas y el diseño y distribución de la planta de la empresa metalmeccánica.

Preparación:

- Se realizó un guion de la encuesta
- Se encuestó al jefe de operaciones y operarios
- La entrevista tuvo una duración de 20 minutos

Secuela de la entrevista

- Archivar los resultados
- Análisis de los resultados

Instrumentos

- Papel
- Lapicero
- Laptop

2.3.2. Análisis de datos:

Los tratamientos de los datos fueron calculados por medio del paquete estadístico SPSS v23.0 y Microsoft Excel 2016. Se enfrentaron diversas técnicas de análisis que se detallan a continuación:

- Estadística descriptiva para variables: Cálculo de la amplitud, media, rangos mínimos y máximos, desviación, varianza y correlación.
- Análisis de fiabilidad: Se aplicó el cálculo estadístico del Alfa de Cronbach para certificar el modelo y diseño del instrumento.
- Análisis factorial: Se aplica como técnica estadística para la reducción de datos y explicación de correlaciones entre variables llamadas factores.
- Análisis de viabilidad: constructo, criterio y contenido.
- Las pruebas de correlación Pearson: se ejecutaron para determinar la validez de las escalas.

2.4. Procedimiento

2.4.1 Diagnóstico de la empresa

2.4.1.1 Descripción General de la empresa

DRJ METAL GROUP S.A.C. es una empresa que presta bienes y servicios, con capital peruano, ubicada en el departamento de Ancash, dedicada principalmente a la fabricación de productos metálicos para uso estructural. Fue fundada en el año 2019 por el señor Jesús Eduardo Huanca Huarca, cuenta actualmente con una fuerza laboral altamente calificada de 25 personas, entre personal administrativo y operaciones.

A continuación, se muestra información referencial de la empresa:

RUC: 20605683089

Dirección Legal: S/N Cent. Tishtec Carretera Central (al costado de la Plaza de Armas 2P Nara) Ancash - Yungay - Mancos

Teléfonos: 927 714 717 / 954 321 306

2.4.1.2 Misión y Visión

- **Misión**

Proveer montajes y fabricación de estructuras metálicas, servicios generales para satisfacer al cliente. Para ello se labora con creatividad, innovación y equilibrio entre la calidad y el precio.

- **Visión**

Ser una empresa líder en el rubro de la construcción, diseño, fabricación, montaje y mantenimiento en general de estructuras metálicas.

2.4.1.3 Organigrama de la Empresa

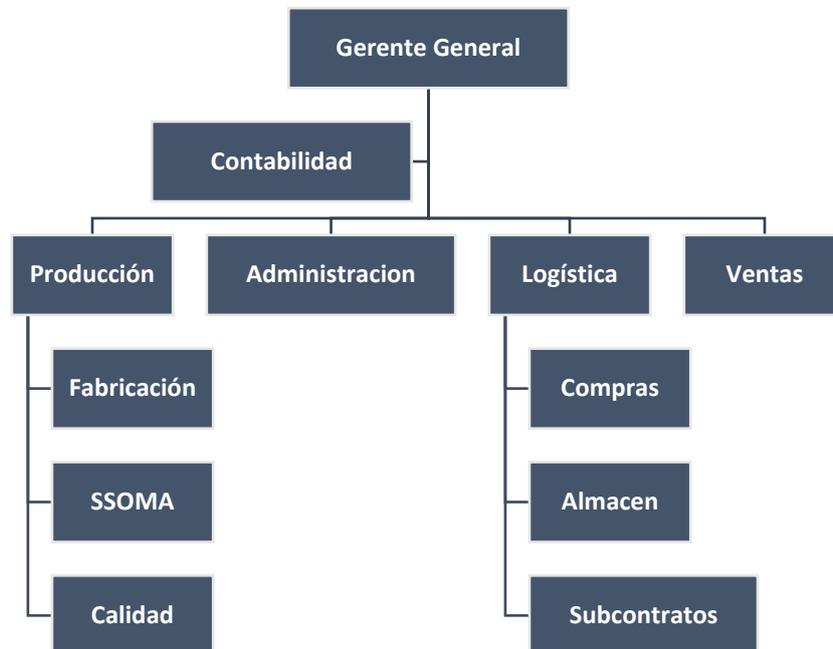


Figura 5. Organigrama de la Empresa

Fuente: Elaboración Propia

Gerente General

Actualmente el equipo de DRJ METAL GROUP SAC es liderado por Jesús Eduardo Huanca Huarca, cuya principal función es evaluar los proyectos que asumirá la empresa, así como evaluar la viabilidad de los concursos a los que se presentará el equipo de trabajo. Asumiendo a su vez, la responsabilidad legal de los manejos y resultados de la

empresa. El gerente general tiene entre unas de sus funciones vitales la función de aprobar las compras mayores a los S/. 20 0000 que el departamento de compras le propondrá.

Contabilidad

El área de contabilidad actualmente es liderada por el contador de la empresa, entre las responsabilidades del mismo está la de elaborar los balances financieros, revisar el estado de ganancias y pérdidas, analizar el correcto manejo de los recursos financieros de la empresa. Entre sus funciones de seguimiento tiene la responsabilidad de dar la alerta al área de administración cuando una compra o subcontrato no está alineado con el presupuesto inicial acordado, se encarga a su vez de realizar los presupuestos y de manejar las nóminas de la empresa.

Producción

El área de producción es donde se agrupan las principales actividades de DRJ METAL GROUP SAC las cuales engloban a las subáreas de:

Fabricación o también denominada el área de producción, liderada por el ingeniero de campo, es donde se integran la mayor cantidad de personal, entre supervisores y obreros, tiene como principal función la construcción de las estructuras metálicas, la cual contempla el maquinado de piezas metálicas, actividades de soldadura de alta precisión, procesos de montaje de estructuras fabricadas y procesos de acabado, el cual incluye pintado y señalizado a solicitud del cliente.

SSOMA es el área de Seguridad y Salud Ocupacional, Prevención de Riesgos y Medio Ambiente, liderada por un ingeniero colegiado y habilitado, la cual tiene como responsabilidad principal velar por que las condiciones de trabajo sean las óptimas

alineadas a la Ley N. ° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, orientadas a eliminar condiciones de trabajo subestándar, que podrían ocasionar accidentes, daños a la salud a corto o largo plazo y daños a la propiedad. Además, es la encargada de verificar que el manejo de los residuos producto de la fabricación sean dispuestos de manera correcta, evitando a su vez emisiones dañinas o derrames de hidrocarburos.

Calidad es el área responsable de velar que el producto manufacturado cumpla con los requerimientos solicitados por el cliente, el equipo de Calidad es liderado por un Ingeniero Mecánico. Entre las principales funciones está la de revisar que los insumos adquiridos por el área de compras cumplan con los estándares que permitan un proceso de producción adecuado, para ello reúne los certificados de calidad, certificados de calibración, dosieres de calidad de los materiales y equipos para verificar su autenticidad. A su vez, realizar inspecciones inopinadas para hacer ensayos y mediciones de las estructuras fabricadas por la empresa. Es la principal responsable de emitir el dossier de calidad al cliente.

Administración

El área de administración es la responsable de velar por el cumplimiento correcto de la política de la empresa, verifica el correcto pago de nóminas y facturas a los proveedores, tiene a su vez la función de controlar los movimientos de las cuentas en la empresa, supervisa que los gastos de las áreas no excedan el presupuesto del área. Entre las tareas menores que ejecuta, está también la de encargarse del abastecimiento de almuerzos al personal en general, entre obreros, supervisores y personal administrativo, así como el de transporte de ingreso y salida del personal.

Logística

El área de Logística está liderada por un profesional de Ing. Industrial, la cual integra principalmente tres subáreas: Compras, Almacén y Subcontratos.

Compras, es la principal responsable del abastecimiento de insumos, equipos y herramientas en la empresa. Su principal función es la de atender las Solicitudes internas emitidas por el almacén. Por medio de una evaluación exhaustiva de proveedores, en la que selecciona a los que cuenten con la mejor disponibilidad de insumos, mejor precio y condiciones de pago que se alineen a lo estipulado por la administración de la empresa, realiza la emisión de las órdenes de compra para que se recepcionada por el almacén.

Almacén se encarga de la correcta recepción, locación, custodia y despacho de los materiales, equipos y herramientas de la empresa. El jefe de almacén tiene como responsabilidad mantener el stock de materiales en el nivel óptimo, evitando desabastecimiento de materiales, así como evitar tener un sobre stock de materiales en el almacén, que se convertirá en materiales inmovilizados. Además, debe de emitir mensualmente el Kardex valorizado al área de contabilidad, en la que se evidencia el registro correcto de los ingresos y salidas de materiales para fabricación y oficinas.

Subcontratos es el área de activación intermitente cuya principal labor es la de tercerizar actividades en las que DRJ METAL GROUP S.A.C corre riesgo de no atender en el tiempo planificado, realizando concursos y convocatorias a subcontratistas para que ejecuten fabricaciones según el estándar y supervisión del área de calidad. El área de Subcontratos deberá de seleccionar la mejor alternativa entre experiencia, reputación y costos de las distintas subcontratistas que se presentaran como potenciales socios.

Ventas

El área de ventas es la encargada de presentar el catálogo de servicios a los potenciales clientes, es la encargada de concursar a las distintas convocatorias en las que DRJ METAL GROUP S.A.C. podría participar y ser adjudicada con la buena pro. Asimismo, es la encargada de presentar el informe a gerencia para que se evalúe la viabilidad del proyecto.

2.4.1.4 Mapa de procesos la empresa

A continuación, se evidencian los procesos que intervienen, de forma directa e indirecta, orientado a lograr la satisfacción del cliente.



Figura 6. Mapa de procesos la empresa

Elaboración: propia

En el gráfico presentado se muestran los procesos que integran el *Core Bussines* de la empresa, en la misma se evidencia que los procesos de Control de Calidad y Seguridad Ocupacional, prevención de riesgos y medio ambiente se relacionan directamente al proceso de Fabricación, ello también responde a la estructura organizacional de la empresa, la cual integra las áreas mencionadas como parte del área de Producción.

2.4.1.5 Cadena de Valor

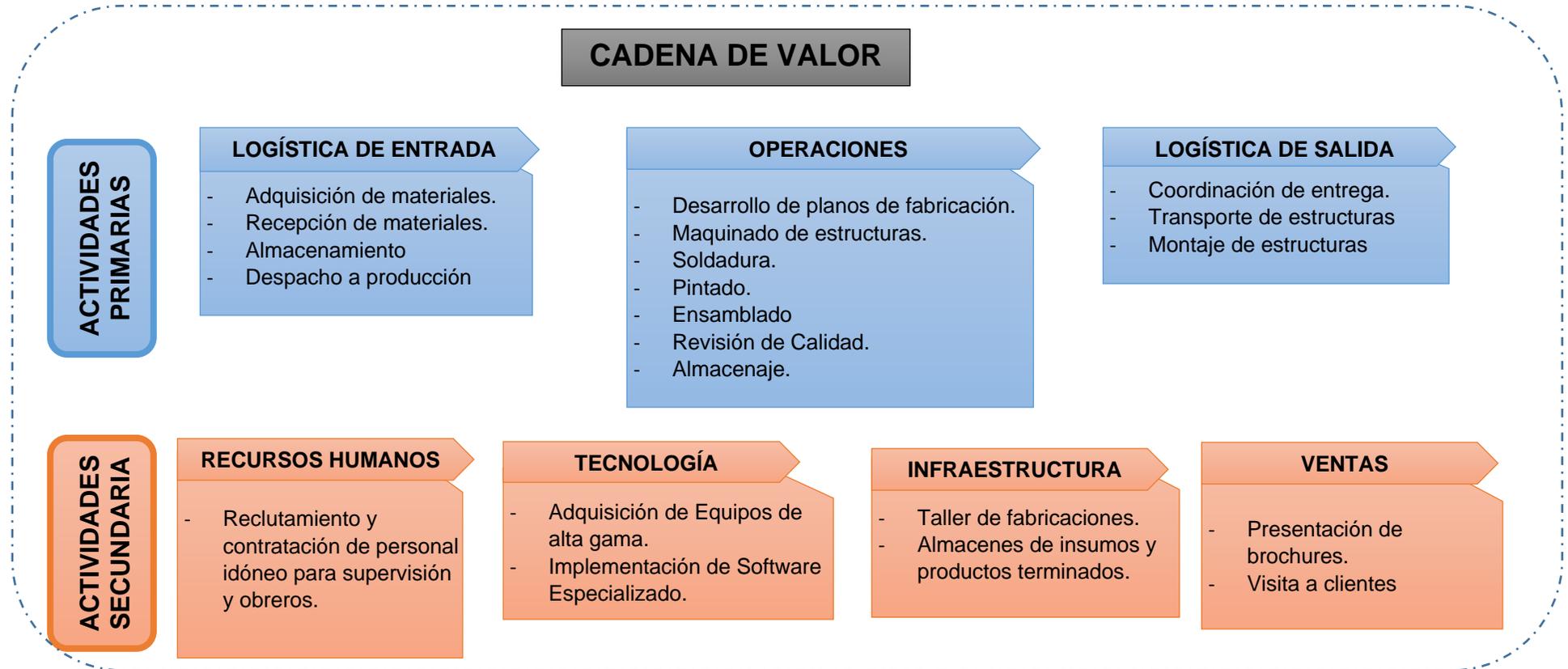


Figura 7. Cadena de Valor Elaboración: propia

La Cadena de Valor de la empresa DRJ METAL GROUP S.A.C. evidencia las actividades primarias y las actividades secundarias o de apoyo.

En la primera sección se señala las actividades que se encuentran relacionadas directamente a la fabricación de estructuras metálicas.

La Logística de Entrada comprende la adquisición, recepción, almacenamiento y despacho de equipos, herramientas manuales y de poder, así como materiales al área de producción. Las Operaciones comprenden actividades de desarrollo de los planos de fabricación, que comprenden el maquinado de estructuras, soldadura de alta precisión, pintado de estructuras, ensamblado de estructuras menores en taller, revisión realizada por el área de Calidad según planos y especificaciones, y finalmente el almacenaje de productos terminados. Logística de Salida, integra en sus funciones la preparación, transporte y entrega del producto final. Ellas comprenden la coordinación de fechas de entrega, contratación de transporte especializado y el montaje de grandes estructuras en el lugar que requiere el cliente.

La segunda sección integra las actividades que se relacionan indirectamente al producto. Recursos Humanos engloba principalmente la contratación de personal idóneo para la ejecución de las actividades y tareas, dichas contrataciones deben ir alineadas con los respectivos perfiles de puestos diseñados para cada labor. En Tecnología están las actividades que agregan valor a los procesos, como la adquisición e implementación de máquinas de alta gama para el maquinado, soldadura y pintado de estructuras, así como la implementación de software especializado principalmente para el control de existencia en los almacenes. En Infraestructura, se resalta el amplio taller de fabricaciones para la producción de estructuras metálicas, así como los almacenes desde las que se abastecen los insumos y se custodia el producto terminado para su posterior entrega al cliente. Por último, en Ventas están las actividades de captación de clientes mediante la presentación

del catálogo de productos y de servicios, visitas a los potenciales clientes y evaluación constante de convocatorias para concursar a adjudicaciones de buena pro en la fabricación de estructuras metálicas.

2.4.1.6 Clientes

Los principales clientes están caracterizados por pertenecer al rubro de la explotación minera. Sin embargo, también se han ejecutado proyectos locales para clientes de rubros dedicados a la educación, deporte y expendio de comestibles.

Entre los clientes más importantes tenemos:

Tabla 4 *Clientes de la empresa*

| CLIENTES |
|---------------------------------------|
| Compañía Minera Lincuna |
| Compañía Minera Santa Luisa |
| Minera Anglo American Quellaveco S.A. |
| Municipalidad Distrital de Pira |
| Otros Particulares local |
| Unidad Minera Antamina |
| Unidad Minera Shuntur |

Elaboración: propia

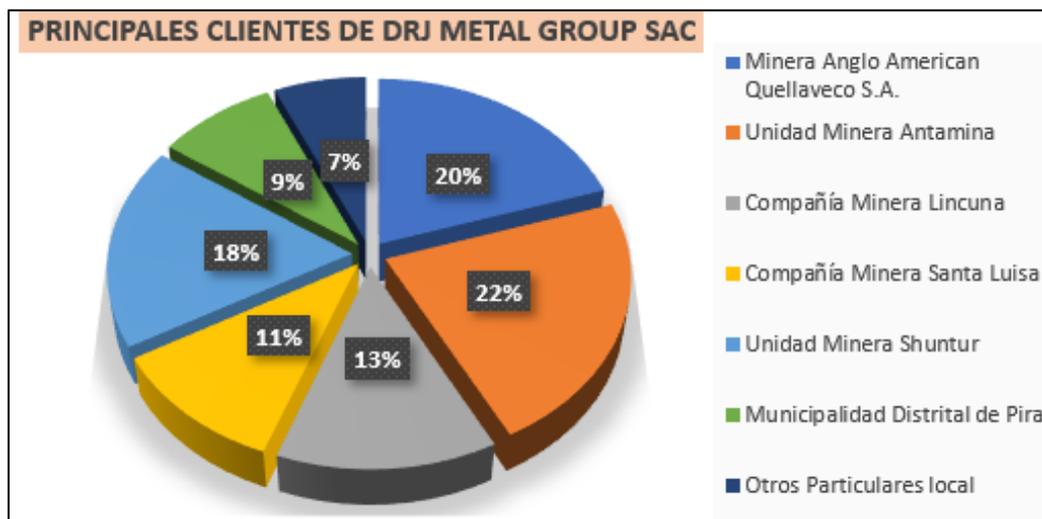


Figura 8. Porcentaje de participación por cliente

Elaboración: propia

Debido a la estrecha relación de las estructuras producidas con el rubro minero y la estratégica ubicación de DRJ METAL GROUP S.A.C. cercana a los principales puntos de explotación minera, los clientes más representativos son la unidad minera Antamina, minera Anglo American Quellaveco SA y la unidad Minera Shuntur, los cuales representan aproximadamente el 62% de los acuerdos contractuales de la empresa.

2.4.1.7 Proveedores

Los proveedores de DRJ METAL GROUP S.A.C. principalmente corresponden al rubro industrial, entre ellas podemos identificar a las 10 más representativas.

Tabla 5 Proveedores

| PROVEEDOR | TIPO DE SERVICIO / MATERIAL |
|-------------------------------|---|
| CONSORCIO ALLTRADING E.I.R.L. | Equipos de protección Personal |
| HERCONS SERVICES SAC | Equipos de poder y consumibles para maquinado |
| COTRANSNESA S.A.C. | Mobiliario de oficina |
| PROMOTORES ELECTRICOS S.A. | Electrodos y materiales eléctricos |
| MIRCONSA S.A.C | Herramientas manuales y de ferretería |
| ALASKA INTERNACIONAL S.A. | Herramientas manuales y de ferretería |
| GRUPO SAMEKA S.A.C. | Herramientas manuales y de ferretería |
| FERRELAZO E.I.R.L. | Planchas metálicas, varillas de acero y derivados |
| ELECTRO FERRO CENTRO S.A.C. | Herramientas manuales y de ferretería |
| SERVYCOM JGYD S.A.C. | Planchas metálicas, varillas de acero y derivados |

Elaboración: propia

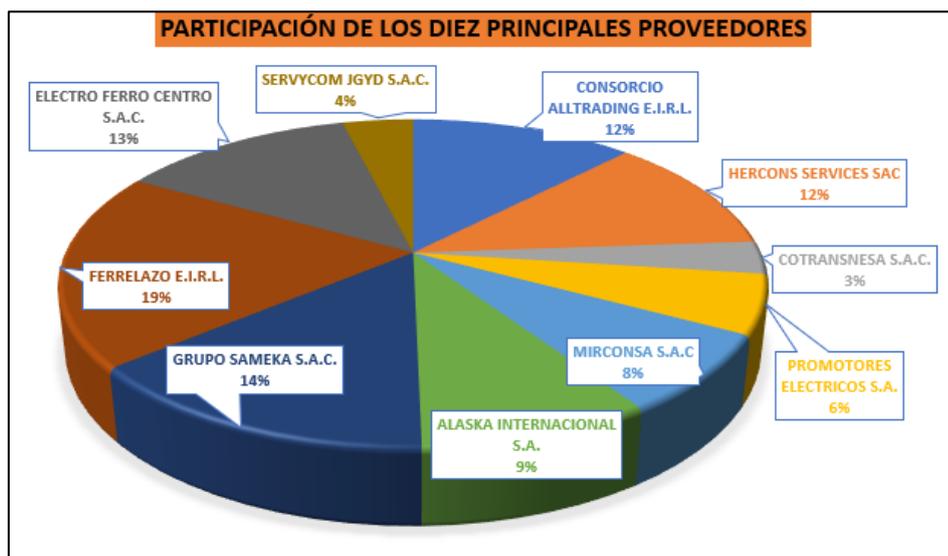


Figura 9. Participación de los proveedores

Elaboración: propia

Como se evidencia en el gráfico, los 5 proveedores más representativos están estrechamente ligados a las actividades de Producción. Y es que el abastecimiento de planchas metálicas, varillas de acero y derivados; herramientas manuales y de ferretería; equipos de protección personal y finalmente, equipos de poder y consumibles para maquinado son importantes para el correcto flujo de fabricación en la empresa.

2.4.1.8 Servicios y Productos

DRJ METAL GROUP SAC ofrece una amplia gama de productos y servicios, entre las que podremos reconocer:

Tabla 6 *Productos y servicios*

| DESCRIPCIÓN | TIPO |
|---|-------------|
| Techos Metálicos de un agua y dos aguas. | Fabricación |
| Techos Parabólicos | Fabricación |
| Techos Industriales | Fabricación |
| Estructuras Metálicas para Almacenes Industriales | Fabricación |
| Coberturas Metálicas. | Fabricación |
| Cercos y enrejados Metálicos | Fabricación |
| Fabricación de Líneas de Tuberías | Fabricación |
| Escaleras Metálicas y Pasamanos | Fabricación |
| Mantenimiento y reparación de Plantas Industriales, Chancadoras, Maquinaria Pesada, Tolvas, Carrocerías | Servicio |
| Instalación de Grass Sintético | Servicio |
| Alquiler de andamios | Servicio |

Elaboración: propia

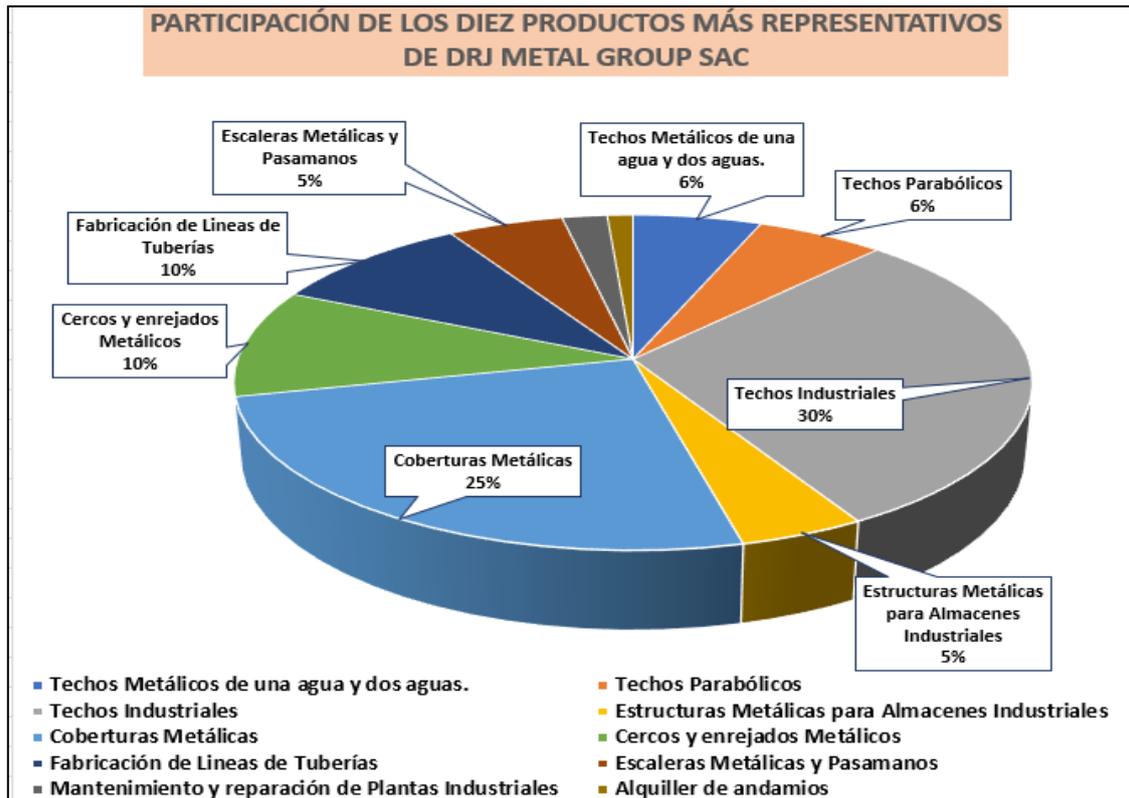


Figura 10. Participación de productos más representativos

Elaboración: propia

El gráfico refleja que los principales productos que generan más del 50% de ingresos para DRJ METAL GROUP SAC son la fabricación de Techos Industriales y la fabricación de coberturas metálicas. Es decir, determinar oportunidades de mejoras en las líneas de producción de estos dos productos puede repercutir en beneficios sustanciosos para la empresa.

Diagnóstico del área de estudio

2.4.2.1 Situación del proceso de fabricación

Descripción del Producto

DRJ METAL GROUP SAC ofrece la fabricación de estructuras y techos parabólicos de coberturas metálicas como sus principales productos, los cuales integran procesos de diseños en ingeniería, maquinado de estructuras, acabado y montaje.



Figura 11. Productos

Elaboración: propia

Los techos parabólicos cuentan principalmente con tres partes importantes, las cuales son:

Muros o Columnas, principalmente compuesta por muros de albañilería confinada con Columnas de Concreto Armado de 40cm x 40cm para apoyar los arcos metálicos y las vigas metálicas que componen el techado. Actualmente, la empresa ejecuta la fabricación de las columnas metálicas de 40 cm x 40m, cuyo espesor variará según las especificaciones del cliente.

Estructuras Metálicas de techo o arcos parabólicos, principalmente conformadas por arcos metálicos y vigas metálicas de hierro de 1 ½” x 1 ½” x ¼” y tensores de fierro liso de 5/8” de diámetro, sobre las mismas reposan debidamente ancladas las chapas que conforman la cobertura metálica o techo.



*Figura 12.*Estructuras Metálicas de techo

Elaboración: propia

Vigas y Chapas metálicas, debido a la facilidad de construcción y montaje en los techos predominan las estructuras metálicas para la implementación de las vigas, debido a que son livianos y de armado rápido. Las estructuras metálicas para industrias se caracterizan debido a que permiten con facilidad ser modificadas y ampliadas.

DRJ METAL GROUP SAC ha optado por aplicar principalmente con chapas de aluminio, estas chapas suelen tener por lo general un espesor mayor que las de acero. Los espesores más comunes son de 0.8 mm, 1.0 mm y 1.2 milímetros.

Se aplican ondas similares a las de acero con preferencia a una distribución trapezoidales. Tienen aspecto agradable y una resistencia superior a la corrosión. Sin embargo, tienen el inconveniente que no resistir a las granizadas fuertes, uno de los principales inconvenientes es que presentan en ocasiones perforaciones o abolladuras debido a estos fenómenos climáticos. Otro de los inconvenientes es que se producen corrosiones fuertes y peligrosas debido al contacto directo que tiene con el hierro de las vigas. Poseen una excelente reflectividad térmica.

Descripción del proceso de fabricación

En DRJ METAL GROUP SAC se tiene identificados principalmente un número de actividades determinados, los cuales inician con la revisión del diseño proporcionado por el cliente o la elaboración de los planos de fabricación, si es que el cliente solicita un servicio integral (con ingeniería previa) hasta la entrega y montaje en la ubicación en la que el cliente solicite. Entre las actividades de fabricación del producto tenemos:

- **Recepción del diseño**

Se realiza revisión de los planos proporcionados por el cliente si es que este solo requiere el servicio de fabricación. Sin embargo, habitualmente se realiza también el diseño de planos por parte del ingeniero a cargo, el cual a su vez en cualquiera de los dos casos procede a realizar el dimensionamiento del material, equipos y herramientas que se requerirá para ejecutar la labor.

- **Traslado de materiales de almacén al taller de fabricación**

Posterior al dimensionamiento de los materiales a utilizarse en la fabricación, se procede a emitir un requerimiento de equipos, herramientas e insumos a utilizarse, para que los mismos sean retirados del almacén o en su defecto se proceda a realizar su adquisición por medio del área de compras. Esta etapa es muy importante, ya que todos los insumos metálicos deben de estar conforme a los planos de construcción. Las planchas, vigas, soldadura, equipos de protección personal y similares son trasladados a al taller tanto de forma manual como con ayuda de equipos hidráulicos.

- **Preparación de estructuras**

Esta etapa comprende el marcado y corte de las planchas y vigas según los planos, esta etapa también comprende la aplicación de soldadura para fabricar las piezas

de menor tamaño. Esta etapa a su vez incluye la soldadura de los ángulos que formarán posteriormente los Cordones Estructurales.

- **Revisión de control de calidad**

En esta etapa el área de calidad realiza ensayos y mediciones para verificar que las dimensiones de las piezas y de los cortes, sean conforme a los requerimientos especificados en el plano. Además, realiza al azar muestreos de la calidad en el acabado y aplicación de la soldadura.

- **Pre-montaje**

El pre-montaje comprende en la presentación preliminar de las estructuras, las cuales se soldarán posteriormente a la estructura principal, principalmente esta etapa está orientada a verificar si los montantes y las diagonales tienen una adecuada alineación. Comprende también el corte de los sobrantes u holguras producto de la etapa de preparación de estructuras. El pre-montaje permite al responsable de la fabricación realizar medidas preliminares de 2 o más estructuras y posteriormente separarlas.

- **Soldadura**

La etapa de soldadura comprende dos sub etapas:

- Punteado, etapa que forma parte de la carpintería metálica y comprende en realizar uniones simples de las estructuras, con la finalidad de facilitar el traslado al área de soldadura definitiva.
- Soldadura definitiva, etapa que comprende la unión de las estructuras con las placas elaboradas en la etapa de preparación de estructuras, la soldadura principalmente se realiza con Soldadura MIG o Soldadura de Arco Gas Pulsado. Este tipo de soldadura, adicionando a su excelente acabado, ofrece las ventajas de tener un **ahorro de alambre y gas**, es decir que en vez de

contar con 2 o 3 alambres de diferentes diámetros, un soldador puede recurrir a solo a uno. **Con un único tipo de alambre**, el soldador minimiza costos en la fabricación.

- **Calibrado de estructuras**

El calibrado de estructuras es un proceso importante en el que el responsable de la fabricación y el responsable del Control de Calidad realizan una última revisión en el taller de fabricación, antes de ser enviadas a la etapa de acabado. Las actividades relacionadas comprenden la medición de las estructuras y arcos, así como la alineación entre piezas mayores, las cuales repercutirán en un montaje final más rápido y efectivo.

- **Arenado de estructuras**

El arenado o chorro de arena corresponde a una técnica industrial utilizada en la limpieza de superficies basada en la proyección de arena con aire a presión. La arena es un abrasivo tradicional, de donde originó el nombre. Mundialmente se conoce también como *sandblasting*. Esta actividad está principalmente orientada a preparar las estructuras para la etapa de pintado, eliminando impurezas y residuos generados como consecuencia de la etapa de premontaje y calibrado.

- **Pintura**

El pintado se realiza con un compuesto anti óxido, haciéndose una aplicación definitiva por medio de una pistola de aire que proyecta la pintura Epóxica diluida en Thinner estándar sobre las estructuras, la cual deberá conformarse en una película seca con un espesor de 0.6 a 1.2 mils. Posteriormente las estructuras entrarán en una etapa de secado de aproximadamente 21 horas, para aplicarse un repintado de ser necesario.

- **Traslado a instalación**

Esta etapa corresponde al transporte desde el taller de DRJ METAL GROUP SAC, si bien es cierto esta etapa no corresponde a la fabricación directa de las estructuras, engloba subareas importantes para la entrega del producto final al cliente, entre las más importantes podemos identificar:

- Revisión final del diseño de montaje definitivo.
- Revisión final y confirmación de interferencias del área de instalación.
- Izaje y armado de andamios.

- **Montaje de estructuras**

La etapa final, es una de las más importantes y riesgosas que deberá de ejecutar DRJ METAL GROUP SAC, y es que en la misma intervienen trabajos de Izaje y de altura, así como trabajos en caliente (soldadura), el personal que ejecuta la tarea deberá de estar estrictamente entrenado.

Consiste en la unión de los arcos y vigas con las columnas a través de soldadura, esta actividad se denomina Encastrado. Posteriormente, las vigas del techo estarán unidas a las correas de soporte que asegurarán la estabilidad de las mismas. Sobre ellas reposaran, unidas con soldadura o pernos, las chapas metálicas que conforman el techo metálico.



Figura 13. Techos metálicos

Elaboración: propia

Los procesos de DRJ METAL GROUP SAC son estandarizados y es que la fabricación de las estructuras y techos metálicos responden a una secuencia preestablecida que facilitan la ejecución de las tareas. Sin embargo, durante el proceso de fabricación se suelen aceptar cambios por solicitud del cliente, estas habitualmente son modificaciones en el color del pintado.

El taller de DRJ METAL GROUP SAC tiene una distribución por proceso, y es que en la empresa metalmeccánica existen varios procesos. Para ello, cada uno de los procesos son separados en un solo lugar. Por ejemplo, se separan todos los equipos de corte en un área en específico o en una nave industrial asignada para ese trabajo, al igual que las compresoras de pintura son separadas en una nave industrial distinta donde están los equipos de soldadura, y así se separan todos los procesos que se manejen.

Entre las ventajas con este tipo de distribución se evidencia la buena economía interna y una excelente visibilidad de orden y limpieza. Por otro lado, las desventajas de la distribución por proceso evidencian la dificultad para poder diseñar las rutas y los

programas de trabajo. Además, la separación de las operaciones y las mayores distancias que deben de recorrerse para ejecutar las actividades dan como resultado una mayor manipulación de materiales y costos de producción más elevados, así como requiere una mayor superficie destinada para el taller.

La empresa en ocasiones se ha visto en la necesidad de tercerizar actividades, principalmente las actividades relacionadas con el acabado, es decir, el Pintado de las estructuras, debido a que es un proceso que mínimo requiere 21 horas de espera para obtener un secado correcto. Para ello, el área de Subcontratos se activa y convoca a un concurso por invitación en la que selecciona al mejor subcontratista que responda a la misma y que reúna las características que requiere el proyecto, tanto en costo, experiencia, velocidad de ejecución y reputación en el mercado local.

.4.2.4. Diagramas de producción

Diagrama de Operaciones del Proceso

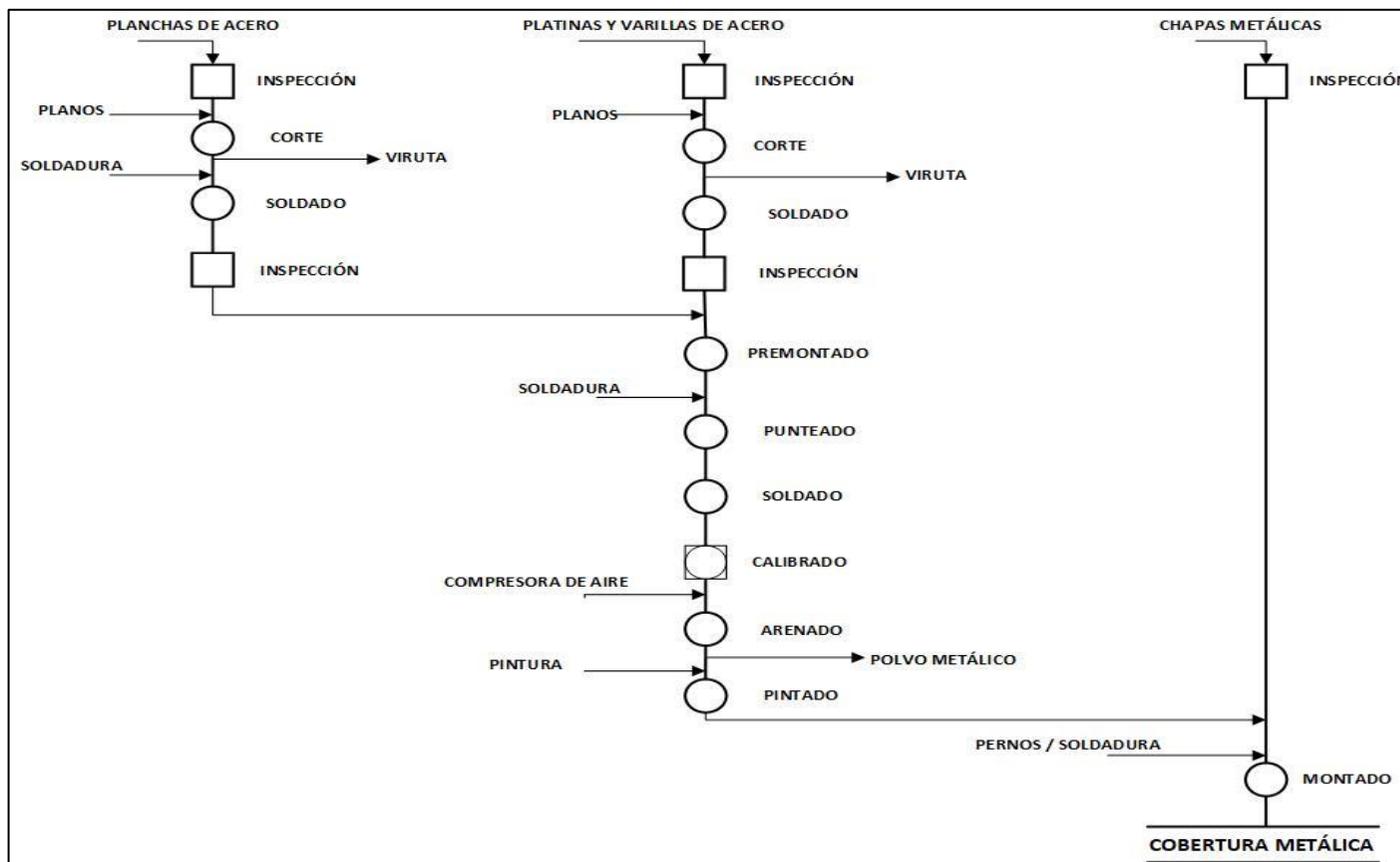


Figura 14. Diagrama de Operaciones del Proceso

Elaboración: propia

Diagrama de Flujo

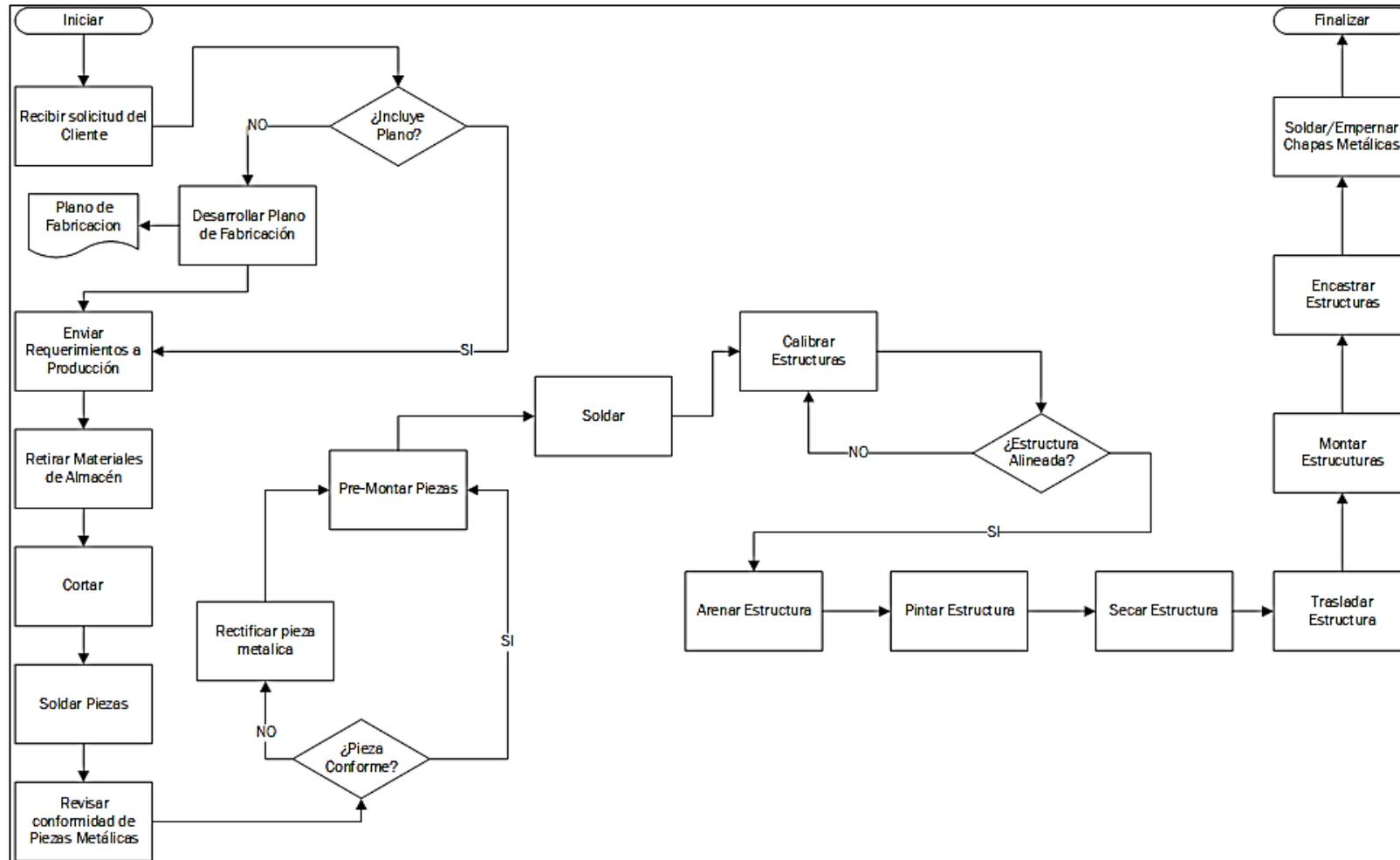


Figura 15. Diagrama de Flujo

Elaboración: propia

2.4.2.3 Análisis de la distribución por factores

Recopilar datos verídicos y de mayor exactitud sobre las distintas áreas de DRJ METAL GROUP SAC y posteriormente analizarlos para traducirlos en la distribución, es una tarea que requiere una ardua labor. El análisis de factores es un método sistemático y ordenado orientado a la recopilación de información sobre los distintos factores que influyen en la distribución, en ese sentido nuestra atención va dirigida sobre lo que es importante y se descartará lo que no lo es. Los factores que principalmente se evaluarán son seis: material, maquinaria, hombre, movimiento, espera y servicio. Para el registro de información de los factores se realiza por medio de formatos que ayudan a la recopilación, procesamiento e interpretación de los datos.

- **Factor Material**

El factor más relevante en una distribución es el material y es que comprende los siguientes elementos:

- Insumos
- Materiales entrantes
- Materiales en proceso de fabricación
- Productos terminados.
- Materiales salientes.
- Materiales de rechazados, reprocesos, mermas y desechos
- Materiales para mantenimiento y para embalajes.

EL producto final y el material sobre el que se trabaja marcan los parámetros de la distribución, por ello se deben de tomar atención las consideraciones que afectan al factor material:

- Especificaciones del Producto, en DRJ METAL GROUP SAC implica diseñar el producto con la finalidad de que su fabricación y manejo sea el mejor y al mejor costo posible. En ese sentido, el área de ingeniería debe de revisar los diseños de los productos, piezas, estructuras con la finalidad de verificar si se ajustan a los métodos de fabricación que son usados actualmente en la empresa.
- Características químicas y físicas del producto, las características físicas influyen en que se tengan consideraciones de cuidado y precaución para su manejo, esto evalúa el tamaño, peso, volumen, forma y otras características especiales. En el caso de DRJ METAL GROUP SAC el producto final son estructuras de mediano y gran tamaño.
- Los componentes y la secuencia de operaciones en las que se ejecutan las actividades también determinan la distribución espacial de las áreas de trabajo y de los equipos que intervienen.
- Variedad y cantidad de los materiales o productos, la distribución debe de ser proyectada para afrontar las variaciones tanto en la cantidad y variedad de los productos que se fabrican, y es que en DRJ METAL GROUP SAC los productos que se fabrican no se realizan en serie, sí se cuenta con una cantidad y diseño casi constante.
- **Factor Maquinaria**

El segundo factor de mayor importancia es material y comprende los siguientes elementos: Maquinaria para producción, equipo de proceso, dispositivos especiales, herramientas, aparatos para medición, maquinarias de repuesto y taller de utillaje. Se deben de tener las siguientes consideraciones:

- Los métodos de producción permitirán establecer los requerimientos de equipos y herramientas a utilizar a usar, estas deberán estar distribuidas en el área espacial de la empresa. Los métodos y técnicas de corte y soldadura que se aplican en la empresa, permiten establecer que equipos de trabajo se deben de adquirir.
- Maquinaria, utillaje y equipo, Los tipos de máquinas, herramientas, así como su cantidad también influyen en la distribución. En DRJ METAL GROUP SAC los equipos más relevantes son los equipos relacionados con el corte, soldadura y pintado de estructuras.
- Uso de las máquinas, para asegurar una utilización máxima de las máquinas, se deberá de contar con una buena distribución
- Requerimientos de la maquinaria, la distribución deberá de asegurar que se cuente con el área que requiere la maquinaria según sus características de forma, espacio y su altura. Además, debe de satisfacer los requerimientos especiales de las máquinas, por ejemplo, una ventilación adecuada para los equipos de corte y soldadura o una mínima cantidad de polvo o impurezas que pueden trabar los disparadores de las compresoras que se usan en el pintado y que pueden afectarlas.
- **Factor Hombre**

La mano de obra, tanto directa como indirecta, conforman este factor para los que se deben de tener las consideraciones siguientes:

- Condiciones de trabajo, la seguridad y las condiciones adecuadas para que los trabajadores ejecuten las labores son indispensables para establecer una distribución adecuada. En ese sentido, DRJ METAL GROUP SAC cuenta con el área de Seguridad y Salud Ocupacional y Medio Ambiente (SSOMA) la

cual tiene la importante labor de velar por la seguridad del trabajado en el taller de fabricaciones y en las instalaciones de la empresa.

- Se debe de considerar la posibilidad de un incremento en la mano de obra, principalmente en fechas de alta demanda, la distribución de planta nos debe de permitir albergar un alto aforo de trabajadores en un futuro.
- Utilización de la mano de obra, la distribución debe responder a los adecuados principios de movimiento que permitan maximizar su productividad, estas mediciones se realizan con distintas herramientas ingeniería, como por ejemplo el estudio de tiempo.

- **Factor Movimiento**

El movimiento de los tres elementos anteriores es de vital importancia. Si bien es cierto, el material tiende a tener un recorrido por toda la planta de fabricación, eliminar los traslados no suele ser la mejor forma de distribución, la forma más efectiva es establecer una distribución que permita recorridos cortos con el objetivo de concluir con la elaboración de los productos, en nuestro caso las estructuras metálicas que formarán parte de los sistemas de cobertura. Este factor considera los siguientes elementos: rampas, tuberías, conductos, transportadores (que pueden ser de rodillos, ruedas, rastrillos o fajas) también se considera los equipos montacargas y otros tipos de vehículos que simplifiquen la labor. Las consideraciones que se deben de tener para este factor son:

- El patrón circulación, considera todo el tipo de movimiento tanto en las entradas y salidas que sigue el material, equipos y la mano de obra. En DRJ METAL GROUP SAC los movimientos se relacionan con el traslado de las estructuras entre las distintas áreas de fabricación, siendo las más críticas las áreas que contemplan las actividades de corte, punteado y soldadura definitivas

- Reducción del manejo antieconómico e innecesario: El diseño de la distribución debe permitir cumplir con el principio de *Just in Time*, es decir, que una actividad debe de concluir justo en el momento en que empiece la siguiente en la secuencia. Además, debe de permitir que un trabajador disponga el material en un lugar en el que su colega pueda tomarlo con facilidad. Por ejemplo, en el caso del taller de fabricaciones de DRJ METAL GROUP SAC el traslado de una estructura desde el área de Soldadura definitiva al área de calibrado debe de realizarse de forma articulada sin tiempos de espera. Puesto que para la calibración de estructuras se convoca a un personal de Calidad, al ingeniero responsable y a los operarios para hacer los ajustes pertinentes
- Manejo combinado: Se puede aprovechar un equipo de movimiento para tareas adicionales, por ejemplo, también pueden funcionar como medio de almacenaje mientras contenga material en espera. En ocasiones en el taller se dispone de la carretilla hidráulica de traslados para mantener en espera materiales que se utilizarán en las actividades, como discos de corte, desbaste, electrodos de soldadura o consumibles de maquinado.
- El espacio para el movimiento, va referido a que se debe reservar espacios para los pasillos y espacios a distinto nivel.

- **Factor Espera**

Los materiales pueden estar detenidas o paralizadas de dos formas, la primera es en un área específica e independiente diseñada para la custodia, esto se llama almacenamiento; también puede estar en la misma área de fabricación a la espera de ser derivada de un área a otra, a ello se le llama demora o también espera.

Las esperas contribuyen en ocasiones de forma positiva a la producción, por ejemplo, un abastecimiento como medida preventiva a una posible escasez de un insumo en el mercado o una variación desfavorable de precio en el mercado. Los principales elementos del factor esperan son:

- Área para la recepción del material ingresante.
- Almacenamiento de los insumos.
- Almacenamiento dentro del proceso.
- Almacenamiento de los productos terminados.
- almacenamiento de equipos y herramientas.

Las consideraciones a tomar para este factor son:

- Contar con espacios para los puntos de espera que principalmente depende de la cantidad de materiales disponibles y el método de almacenamiento utilizado. En la empresa se dispone de un almacén en donde se custodian todos los materiales y equipos que intervienen en la fabricación
- Método de Almacenamiento, el método utilizado para la disposición y posterior despacho de materiales, contribuye en la forma del espacio y ubicación
- Dispositivos de seguridad y equipos destinados al almacenamiento o espera, los equipos de almacenamiento, deben de tener características específicas que contribuyan a su fácil acceso y garanticen que el material que se dispone allí no sufrirá deterioros, por condiciones de las actividades que se ejecuten alrededor o por condiciones ambientales

- **Factor Servicio**

El factor de servicio corresponde a las actividades y elementos que contribuyen de manera auxiliar a la producción, permiten mantener en constante actividad a los trabajadores y

contribuyen al aprovechamiento de las máquinas y los materiales. Comprenden los servicios que facilitan principalmente las actividades del personal y hacen más cómoda la ejecución de sus tareas. Entre ellas podemos reconocer a las vías de acceso, iluminación, oficinas y las diversas instalaciones para el personal y servicios relacionados con el material.

2.4.2.4. Layout del proceso de fabricación

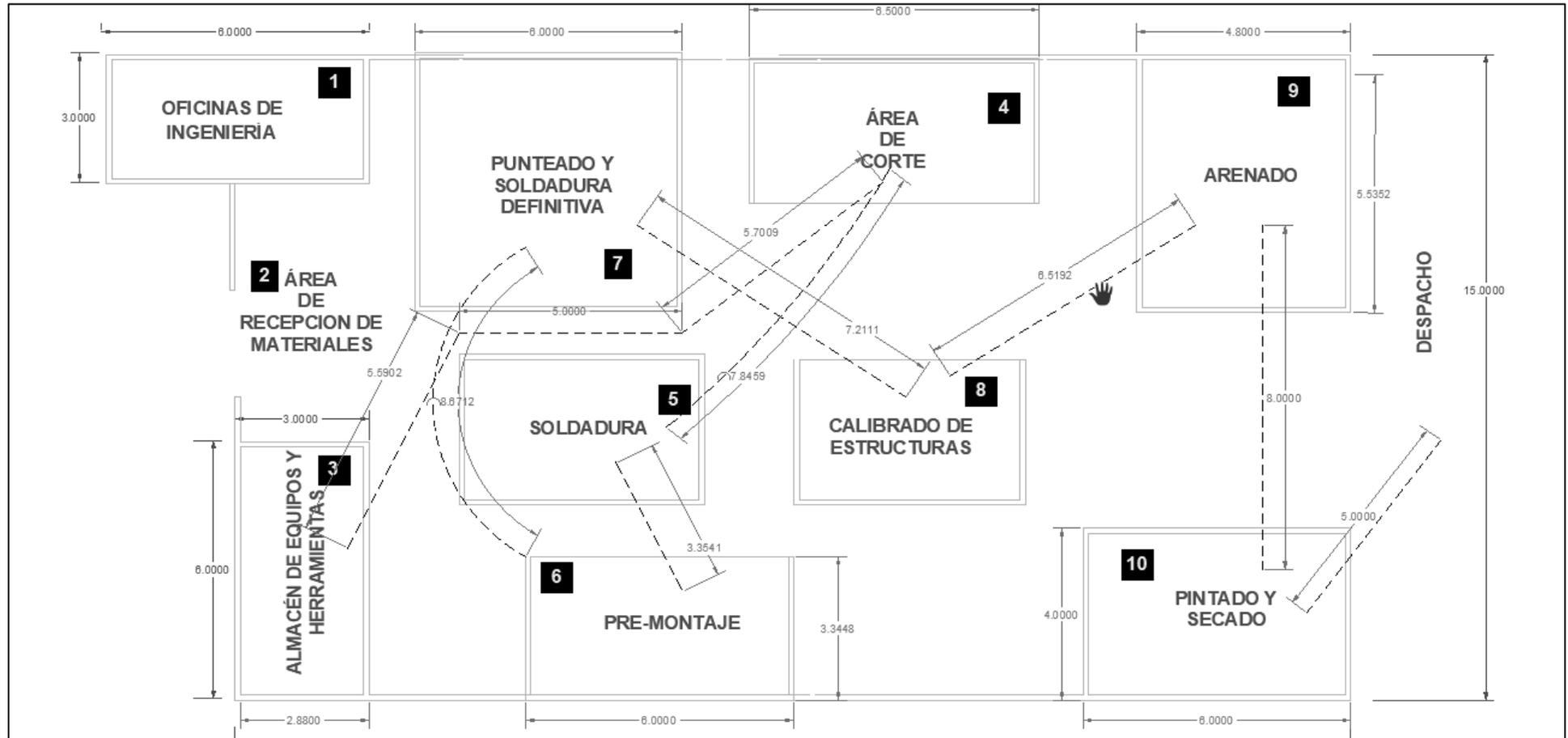


Figura 16. Layout del proceso de fabricación

Elaboración: propia

2.4.2.5 Diagrama de Ishikawa

Como resultado de la visita a las instalaciones de la empresa, así como la entrevista realizada a su línea de mando del área de producción, se pudo determinar la necesidad de incrementar los niveles de productividad en la empresa. Sustentándonos en los artículos de investigación “Los círculos de control de calidad en empresas de manufactura en México” (Reyes y Simón, 2001) y en el artículo “Indicadores de productividad para la industria dominicana” (Mirand y Toirac, 2010) en los cuales se muestran los principales factores que determinan el éxito en la productividad de las empresas de manufactura. Como consecuencia de la revisión documental, se elaboró el diagrama de Ishikawa con las principales causas que afectan en el bajo desempeño en la productividad de la empresa.

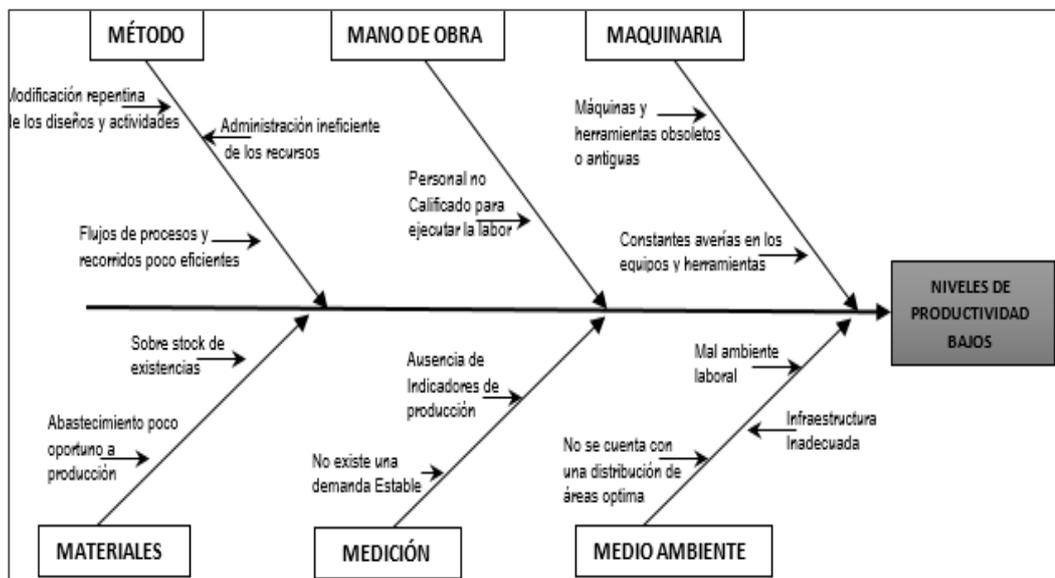


Figura 17. Diagrama de Ishikawa Elaboración: propia

El Diagrama de Ishikawa como una de las primeras herramientas de ingeniería para diagnosticar los procesos, nos permitió identificar las posibles causas que repercuten en el bajo nivel de productividad en la empresa DRJ METAL GROUP S.A.C. A continuación, para determinar los problemas que tienen mayor efecto en la productividad de la empresa se procede a elaborar una matriz de multivotación.

Tabla 7 Priorización de las causas

| M | CAUSA | DESCRIPCIÓN | VOTOS (f) | h% |
|-----------------------|------------|---|-----------|-------|
| Mano de obra | Causa I | Personal no Calificado para ejecutar la labor | 7 | 7.8% |
| Maquinaria | Causa II | Máquinas y herramientas obsoletos o antiguas | 6 | 6.7% |
| | Causa III | Constantes averías en los equipos y herramientas | 11 | 12.2% |
| Materiales | Causa IV | Sobre stock de existencias | 10 | 11.1% |
| | Causa V | Abastecimiento poco oportuno a producción | 7 | 7.8% |
| Medición | Causa VI | Ausencia de Indicadores de producción | 3 | 3.3% |
| | Causa VII | No existe una demanda Estable | 2 | 2.2% |
| Medio Ambiente | Causa VIII | Mal ambiente laboral | 4 | 4.4% |
| | Causa IX | Infraestructura Inadecuada | 7 | 7.8% |
| | Causa X | No se cuenta con una distribución de áreas optima | 14 | 15.6% |
| Método | Causa XI | Modificación repentina de los diseños y actividades | 4 | 4.4% |
| | Causa XII | Administración ineficiente de los recursos | 6 | 6.7% |
| | Causa XIII | Flujos de procesos y recorridos poco eficientes | 7 | 7.8% |
| | Causa XIV | Modificación repentina de los diseños y actividades | 2 | 2.2% |

Fuente: Elaboración propia

Con el Objetivo de determinar las causas más importantes que afectan la productividad en la DRJ METAL GROUP S.A.C. se procede con la elaboración del Diagrama de Pareto.



*Figura 18.*Diagrama de Pareto

Elaboración: propia

Para Krajewski (2008) el concepto de Pareto, conocido como la regla 80-20, sostiene que el 80% de la actividad es causada por el 20% de los factores. Con sólo concentrarse en el 20% de los factores (los “pocos factores vitales”) los gerentes pueden atacar el 80% de los problemas de los problemas de calidad (p.164).

El gráfico evidencia que el 80% de los problemas que influyen que afectan la productividad de la empresa DRJ METAL GROUP S.A.C, se deben al 20% de las causas.

En este caso son:

- ✓ Causa X: El 15.6% de las personas entrevistadas sostiene que en la empresa el mayor problema es que no se cuenta con una distribución de áreas óptima.
- ✓ Causa III: El 12.2% Constantes averías en los equipos y herramientas.
- ✓ Causa I: El 7.8% Personal no Calificado para ejecutar la labor.
- ✓ Causa V: El 7.8% Abastecimiento poco oportuno a producción.
- ✓ Causa IX: El 7.8% Infraestructura Inadecuada.
- ✓ Causa II: El 6.2% Máquinas y herramientas obsoletos o antiguas.
- ✓ Causa XII: El 2.2% Administración ineficiente de los recursos.

Para poder identificar la solución nos vemos ante dos condiciones adversas, las cuales son la disponibilidad cada vez más corta de tiempo para implementar mejoras y la numerosa cantidad de permisos concedidos que debemos de obtener, como terceros, para ingresar a ciertas áreas de la empresa. Por ello, se abordó el problema de mayor influencia; para este caso que no se cuenta con una distribución de áreas óptima.

A raíz del problema identificado se programó una visita inopinada a la empresa, con el fin de determinar aquellas situaciones que reflejan una inadecuada distribución física de las áreas o una deficiente distribución de planta.

Con ayuda de la Evaluación de la distribución espacial de plantas industriales mediante un índice de desempeño (Pérez, 2016). Se llevó la siguiente encuesta cuyo título es “¿Cómo encuentra usted sus espacios de trabajo?”. (Ver Anexo 1)

4.3. Resultados del diagnóstico antes de la implementación

4.3.1. Variable independiente: Diseño y distribución

4.3.1.1. Layout

Para determinar los indicadores relacionados al diseño y distribución de la empresa, se procedió de la siguiente manera:

- **Diagrama relacional de actividades**

Para establecer la elaboración del Diagrama Relacional de actividades se ejecutan en dos fases. La primera, es una evaluación en donde no se tiene en cuenta las dimensiones de las áreas, con la finalidad de determinar los factores de proximidad que nos evidenciarán la lejanía o cercanía de cada par de áreas, y la segunda, estableciendo el diagrama Relacional con los requisitos de espacio correspondiente.

Factores de Proximidad

El primer paso para desarrollar el diagrama relacional de actividades es reconocer que las áreas deben de estar localizadas de forma estratégica para que se encuentren unas cerca de las otras, esta localización se tanto en factores cualitativos como en factores cuantitativos. A través de las hojas de ruta y la cantidad de requerimientos de los materiales que se registran en los pedidos podemos definir un número estimado de recorridos entre áreas.

Para el presente estudio se realizó un muestreo por pares de áreas para hallar una primera aproximación. Con la finalidad de agilizar los cálculos se tomaron en consideración las áreas más importantes que intervienen en el proceso de fabricación y es que resultaría

innecesario y consumiría demasiado tiempo realizar el muestro entre todas las áreas de la empresa, ya que podemos identificar áreas poco relevantes o que están muy poco relacionadas con otras. Posteriormente, los datos obtenidos los plasmaremos en una matriz de recorridos.

Tabla 8 *Relación de áreas a distribuir*

| RELACIÓN DE ÁREAS A DISTRIBUIR | |
|--------------------------------|---|
| 1 | Oficinas de ingeniería |
| 2 | Recepción de materiales |
| 3 | Almacén de equipos y herramientas |
| 4 | Área de corte |
| 5 | Área de soldado |
| 6 | Premontaje |
| 7 | Área de punteado y soldadura definitiva |
| 8 | Área de calibrado |
| 9 | Pintura y secado |
| 10 | Despacho |
| 11 | Vestuarios |
| 12 | Servicios higiénicos varones |
| 13 | Servicios higiénicos mujeres |

Elaboración: propia

Matriz de recorridos

Tabla 9 *Matriz de recorridos*

| ÁREAS DEL PROCESO DE FABRICACIÓN | CANTIDAD DE RECORRIDOS DIARIOS ENTRE ÁREAS | | | | | | | | | | |
|--|--|---|---|----|----|----|----|----|---|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1. OFICINAS DE INGENIERÍA | - | | | 3 | | | | | | | |
| 2. RECEPCIÓN DE MATERIALES | | - | 3 | | | | | | | | |
| 3. ALMACÉN DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS | | | - | 20 | 15 | | 5 | | 6 | | |
| 4. ÁREA DE CORTE | | | | - | 80 | 10 | 25 | | | | |
| 5. ÁREA DE SOLDADO | | | | | - | 76 | 23 | | | | |
| 6. PREMONTAJE | | | | | | - | 60 | 9 | | | |
| 7. ÁREA DE PUNTEADO Y SOLDADURA DEFINITIVA | | | | | | | - | 14 | | | |
| 8. ÁREA DE CALIBRADO | | | | | | | | - | 5 | | |
| 9. ARENADO | | | | | | | | | - | 3 | |
| 10. PINTURA Y SECADO | | | | | | | | | | - | 3 |
| 11. DESPACHO | | | | | | | | | | | - |

Elaboración: propia

La tabla anterior evidencia una que las áreas de mayor tránsito son las que tienen como interactuantes a el área de Corte en con el de Soldado primer lugar con una cantidad de 80 veces por día; seguida por interacciones de las áreas de Soldado y Premontaje, las cuales registran 76 interacciones. Asimismo, el área de Premontaje y el área de Punteado y Soldadura definitiva también registran una cantidad numerosa de interacciones. Esto es un comportamiento normal en el rubro de la industria metalmeccánica, pues las áreas de maquinado en sus distintas especialidades están estrechamente relacionadas.

Diagrama de Relación de Actividades



Figura 19: Diagrama relacional de actividades Elaboración: propia

El diagrama de Relación de actividades evidencia y a su vez valida la información que previamente se procesó en el Diagrama de recorrido. Es decir, las áreas de Corte, Soldado, Premontaje y finalmente el área de Punteado y soldadura definitiva, comparten un gran número de interacciones a través de los constantes recorridos que hay entre ellas. Además, nos ha permitido identificar la importancia que existen áreas que no deben de compartir espacios comunes, como por ejemplo el área de pintura y secado con las áreas donde se realiza trabajos en caliente de corte y soldadura.

| | DESCRIPCIÓN | TIPO GRÁFICO |
|---|-------------------------|--------------|
| A | ABSOLUTAMENTE NECESARIO | I I I I |
| E | ESPECIALMENTE NECESARIO | I I I |
| I | IMPORTANTE | I I |
| O | NORMAL | I |
| U | SIN IMPORTANCIA | NINGUNO |
| X | NO DESEABLE | I |

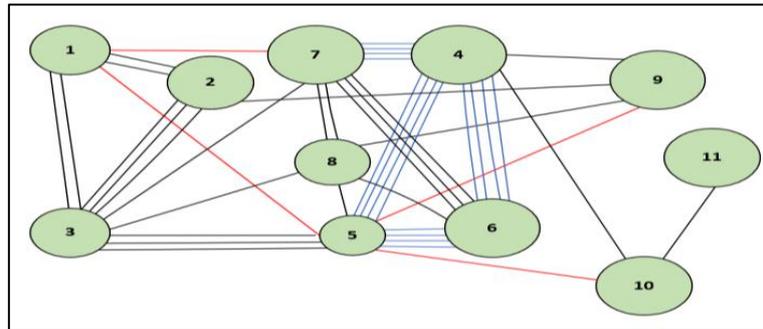


Figura 20. Diagrama relacional

Elaboración: propia

Situación actual del Recorrido

Reconociendo el alto nivel de interacciones entre las áreas más importante de la empresa, se ha determinado que la distribución actual del taller es poco eficiente y los recorridos actualmente hacen que los operadores y los supervisores sean más extensos de lo que requiere la labor.

Tabla 10 Situación actual del Recorrido

| Área de Partida | Área Destino | Cantidad | Unidades |
|-----------------------------------|----------------------------------|----------|----------|
| Almacén de Equipos y Herramientas | Área de Corte | 16.2992 | Metros |
| Área de Corte | Soldadura | 8.8459 | Metros |
| Soldadura | Pre-montaje | 3.3541 | Metros |
| Pre-montaje | Punteado y Soldadura Definitiva | 8.6712 | Metros |
| Punteado y Soldadura Definitiva | Área de Calibrado de Estructuras | 7.2111 | Metros |
| Área de Calibrado de Estructuras | Arenado | 6.5192 | Metros |
| Arenado | Pintado y Secado | 8.000 | Metros |
| Pintado y Secado | Despacho | 5.000 | Metros |

Elaboración: propia

Con ayuda de la información obtenida en la elaboración del diagrama relacional de actividades, determinaremos las cantidades recorridas en metros, producto de las interacciones diarias de las áreas más relevantes:

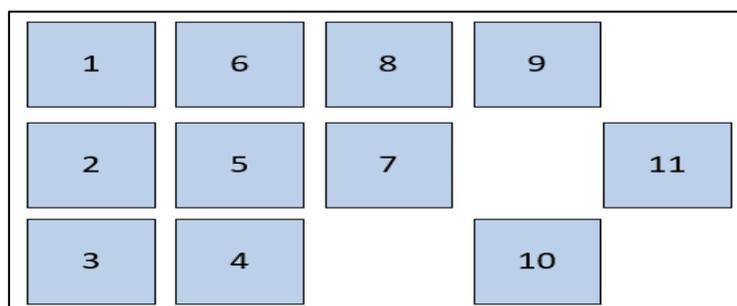
Tabla 11 *Recorrido total diario*

| Área de Partida | Área Destino | Cantidad Recorrida (Metros) | Recorridos Diarios (Veces) | Total recorrido (Metros) | Unidades |
|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------|
| Almacén de Equipos y Herr. | Área de Corte | 16.2992 | 20 | 325.984 | Metros |
| Área de Corte | Soldadura | 8.8459 | 80 | 707.672 | Metros |
| Soldadura | Pre-montaje | 3.3541 | 76 | 254.9116 | Metros |
| Pre-montaje | Punteado y Soldadura Def. | 8.6712 | 60 | 520.272 | Metros |
| Punteado y Soldadura Def. | Área de Calibrado de Estructuras | 7.2111 | 14 | 100.9554 | Metros |
| Área de Calibrado de Estructuras | Arenado | 6.5192 | 5 | 32.596 | Metros |
| Arenado | Pintado y Secado | 8.000 | 3 | 24 | Metros |
| Pintado y Secado | Despacho | 5.000 | 3 | 15 | Metros |
| | | | TOTAL | 1981.391 | Metros |

Elaboración: propia

El análisis nos refleja una que en este nuevo escenario el recorrido total diario producto de las interacciones de las áreas más importantes es de 1981.391 metros en total, dicho recorrido se realiza en un espacio del taller que corresponde a 375 metros Cuadrados.

Figura 21: *Esquema de bloques*



Elaboración: propia

En el esquema de bloques podemos identificar que la secuencia de distribución de las áreas sí presenta coherencia respecto a los cambios que requerimos implementa

Layout Propuesto

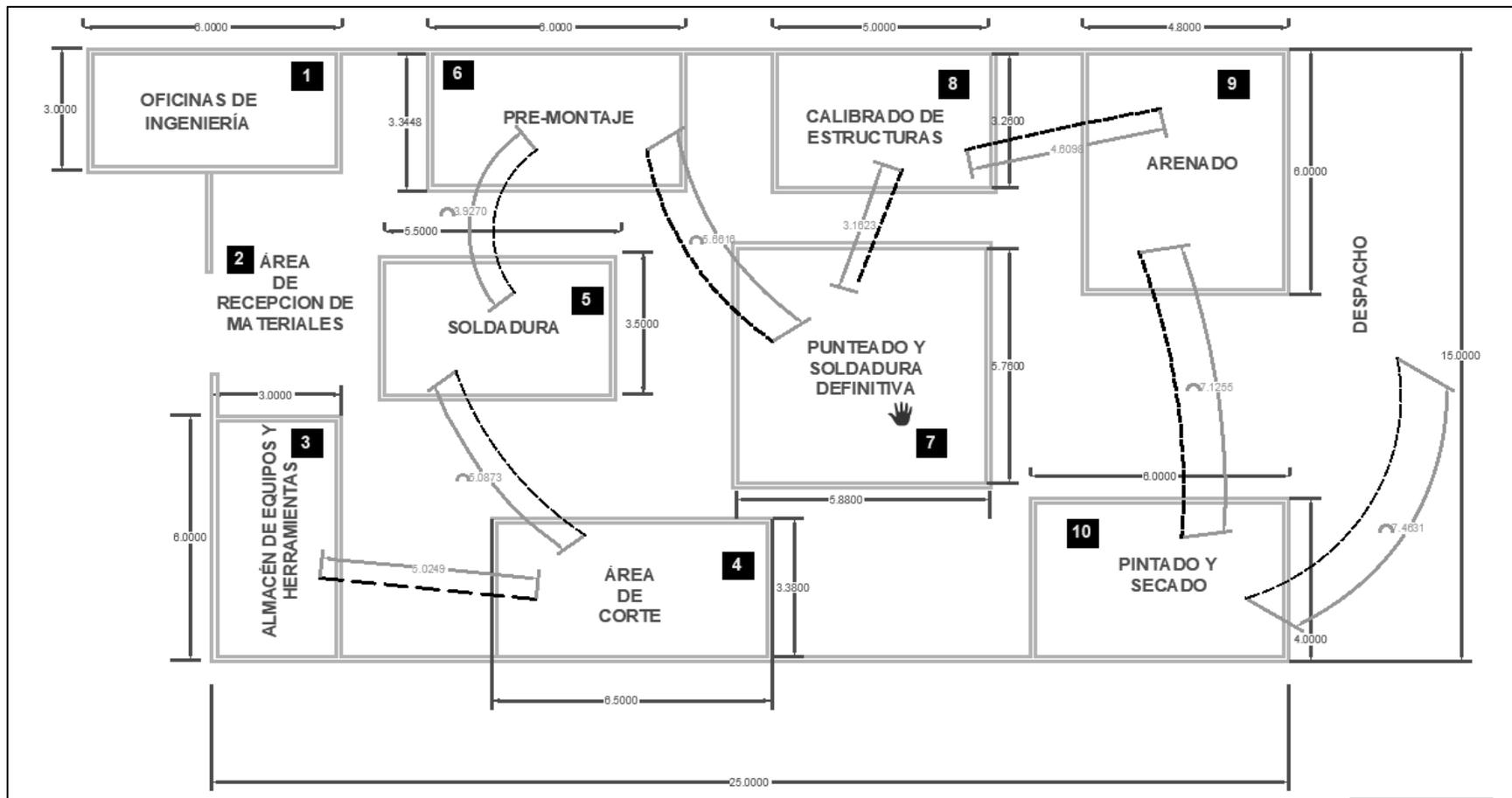


Figura 22: Layout Propuesto

Elaboración: propia

En el taller de fabricaciones de DRJ METAL GROUP SAC con una nueva distribución de las áreas de producción, tomando en cuenta el flujo de las actividades y su estrecha relación se logró identificar los recorridos estimados entre los mismos, los cuales se detallan a continuación:

Tabla 12 nueva distribución de las áreas de producción

| Área de Partida | Área Destino | Cantidad | Unidades |
|-----------------------------------|----------------------------------|----------|----------|
| Almacén de Equipos y Herramientas | Área de Corte | 5.0249 | Metros |
| Área de Corte | Soldadura | 5.0873 | Metros |
| Soldadura | Pre-montaje | 3.9270 | Metros |
| Pre-montaje | Punteado y Soldadura Definitiva | 5.6616 | Metros |
| Punteado y Soldadura Definitiva | Área de Calibrado de Estructuras | 3.1623 | Metros |
| Área de Calibrado de Estructuras | Arenado | 4.6098 | Metros |
| Arenado | Pintado y Secado | 7.1255 | Metros |
| Pintado y Secado | Despacho | 7.4631 | Metros |

Elaboración: propia

Considerando la información recopilada en la etapa de elaboración del diagrama relacional de actividades, determinaremos las cantidades recorridas en metros, producto de las interacciones diarias de las áreas más relevantes:

Tabla 13 *Cantidades recorridas en metros*

| Área de Partida | Área Destino | Cantidad Recorrida (Metros) | Recorridos Diarios (Veces) | Total recorrido (Metros) | Unidades |
|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------|
| Almacén de Equipos y Herr. | Área de Corte | 5.0249 | 20 | 100.498 | Metros |
| Área de Corte | Soldadura | 5.0873 | 80 | 406.984 | Metros |
| Soldadura | Pre-montaje | 3.9270 | 76 | 298.452 | Metros |
| Pre-montaje | Punteado y Soldadura Def. | 5.6616 | 60 | 339.696 | Metros |
| Punteado y Soldadura Def. | Área de Calibrado de Estructuras | 3.1623 | 14 | 44.2722 | Metros |
| Área de Calibrado de Estructuras | Arenado | 4.6098 | 5 | 23.049 | Metros |
| Arenado | Pintado y Secado | 7.1255 | 3 | 21.3765 | Metros |
| Pintado y Secado | Despacho | 7.4631 | 3 | 22.3893 | Metros |
| | | | TOTAL | 1256.717 | Metros |

Elaboración: propia

El análisis nos refleja una que en este nuevo escenario el recorrido total diario producto de las interacciones de las áreas más importantes es de 1256.717 metros en total, dicho recorrido se realiza en un espacio del taller que corresponde a 375 metros Cuadrados.

$$= \frac{\text{Metros recorridos propuestos}}{\text{Metros recorridos actual}} = = \frac{1256.717}{1981.391} = \mathbf{0.634259972}$$

Estableciendo la relación entre los recorridos iniciales y los resultantes producto de la mejora podemos evidenciar que tenemos una mejora de aproximadamente **64%**

Utilización de espacio en la planta

Para establecer la nueva distribución de espacios procederemos a identificar cuáles son las áreas que reúnen la mayor cantidad de personal activo, además se dimensionará el espacio ocupado en metros cuadrados por cada máquina con la que cuentan dichas áreas, para obtener la superficie estática, gravitacional, en movimiento y total de cada equipo. Previamente se procederá a desarrollar el Diagrama de actividades de Proceso (DAP) de las áreas que según el inventario reflejan la mayor cantidad de equipos en su haber.

| DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO | | | | | |
|---|----------|-----------------------------------|--|---|--|
| Diagrama No. | Hoja No. | OPERARIO <input type="checkbox"/> | MATERIAL <input checked="" type="checkbox"/> | EQUIPO <input type="checkbox"/> | |
| Objetivo: Revisión de | | RESUMEN | | | |
| | | ACTIVIDAD | ACTUAL | PROPUESTO | ECONOMÍA |
| Proceso analizado: | | Operación | | 38 | |
| | | Transporte | | 15 | |
| | | Espera | | 7 | |
| Metodo: | | Inspección | | 11 | |
| Actual <input checked="" type="checkbox"/> Propuesto <input type="checkbox"/> | | Almacenamiento | | 1 | |
| Localización: | | Distancia (m) | | | |
| | | Tiempo (hr/hombre) | | | |
| Operario: Trabajador | | Costo | | | |
| | | Total | | | |
| Elaborado por: | Fecha: | Comentarios | | Símbolo:     Descripción: Operación: Transporte: Demora: Inspección: Almacén: | |
| Aprobado por: | Fecha: | | | | |
| Descripción | Cantidad | Distancia | Tiempo | Símbolo | Observaciones |
| CORTE | | | | | |
| 1. Recibir planchas, tubos y platinas de metal | | | | | |
| 2. Revisar Plano de Fabricación | | | | | Proporcionado por Ingeniería |
| 3. Trazar líneas de Corte | | | | | Usar Tiza de Calderero |
| 4. Trasladar equipos de corte | | | | | |
| 5. Revisar operatividad de equipos de corte | | | | | |
| 6. Posicionar metales en mesa de corte | | | | | |
| 7. Aplicar Cortes | | | | | |
| 8. Agrupar piezas similares | | | | | |
| 9. Acopiar mermas de corte | | | | | Piezas no uniformes de corte y astillas |
| 10. Espera | | | | | |
| 11. Trasladar piezas cortadas | | | | | |
| SOLDADURA | | | | | |
| 1. Trasladar piezas a ensamblar | | | | | |
| 2. Posicionar mesa y materiales de trabajo | | | | | |
| 3. Posicionar piezas | | | | | |
| 4. Soldar puntos de sujeción | | | | | |
| 5. Soldar Esquinas | | | | | |
| 6. Rotar y soldar puntos restantes | | | | | |
| 7. Verificar medidas y acabado | | | | | |
| 8. Codificar pieza soldada | | | | | |
| 9. Retirar pieza de la mesa | | | | | |
| 10. Espera | | | | | |
| 11. Trasladar a Premontaje | | | | | |
| PREMONTAJE | | | | | |
| 1. Trasladar piezas y láminas | | | | | |
| 2. Posicionar en mesa de trabajo | | | | | |
| 3. Posicionar piezas y laminas de metal | | | | | |
| 4. Verificar angulos y medidas | | | | | |
| 5. Soldar puntos en Piezas y laminas de metal | | | | | |
| 6. Verificar Estabilidad de estructura | | | | | |
| 7. Espera | | | | | |
| 8. Trasladar a Punteado y soldadura definitiva | | | | | |
| PUNTEADO Y SOLDADURA DEFINITIVA | | | | | |
| 1. Trasladar Estructura Premontada | | | | | |
| 2. Soldar puntos de sujeción | | | | | |
| 3. Girar estructura soldada | | | | | |
| 4. Medir estructura y angulos fijados | | | | | |
| 5. Aplicar soldadura MIG | | | | | |
| 6. Verificar medias y acabado de la estructura | | | | | |
| 7. Cortar estructuras sobrantes | | | | | |
| 8. Codificar estructura | | | | | |
| 9. Espera | | | | | |
| 10. Trasladar a Calibrado | | | | | |
| CALIBRADO | | | | | |
| 1. Traer Plano de Fabricación | | | | | En presencia del Ingeniero y el encargado |
| 2. Recibir estructura | | | | | |
| 3. Revisar estructura según plano | | | | | |
| 4. Calibrar | | | | | |
| 5. Rectificar angulos incompatibles | | | | | Contar con minimo un operador de soldadura |
| 6. Codificar estructura Calibrada | | | | | |
| 7. Espera | | | | | |
| 8. Trasladar al área de Arenado | | | | | |
| ARENADO | | | | | |
| 1. Recibir Estructuras | | | | | |
| 2. Preparar Equipos de Protección | | | | | |
| 3. Verificar operatividad de compresora | | | | | |
| 4. Señalizar zona de trabajo | | | | | Cercar perimetro |
| 5. Arenar cara externa | | | | | |
| 6. Arenar lado interno | | | | | |
| 7. Revisar acabado de la estructura | | | | | Inspeccionar calidad de empalmes |
| 8. Arenar zonas pendientes | | | | | |
| 9. Espera | | | | | |
| 10. Trasladar a zona entrada de Pintura | | | | | |
| PINTURA | | | | | |
| 1. Traer Pintura | | | | | Pintura Epoxica |
| 2. Trasladar estructuras de otra área | | | | | |
| 3. Posicionar Estructura para pintado | | | | | |
| 4. Traer Herramientas y equipos | | | | | |
| 5. Verificar estado de compresora | | | | | |
| 6. Limpiar con Aire | | | | | |
| 7. Preparar diluyente de limpieza | | | | | |
| 8. Limpiar estructura con diluyente | | | | | |
| 9. Dosificar pintura con diluyente | | | | | Pintura + Thinner |
| 10. Pintar lado externo | | | | | Con Compresora |
| 11. Girar estructura | | | | | |
| 12. Pintar lado interno | | | | | |
| 13. Trasladar al área de secado | | | | | |
| 14. Secado | | | | | Tiempo minimo de secado 21 horas |
| TOTAL | | | | 38 15 7 11 1 | |

Figura 23: Diagrama de actividades del proceso

Elaboración: propia

A continuación, se aplicará el método de Guerchet para relacionar los equipos con el área que se requerirá para los mismos. Las áreas implicadas debido a su mayor cantidad de equipos operando, son las de Corte y la de soldadura.

Para la aplicación del método de Guerchet debemos de tener las consideraciones siguientes:

$$St = N(Ss + Sg + Se)$$

Donde:

Ss = Superficie estática = *Largo x Ancho*

Sg = Superficie gravitacional = $Ss \times N$

Se = Superficie de evolución = $(Ss + Sg)K$

$$K = \frac{h1}{2 \times h2} ;$$

$h1$: Altura Promedio de los elementos móviles

$h2$: Altura promedio de los elementos estáticos

Para el cálculo de K , se ha tomado en consideración la altura promedio de los trabajadores que realizan la actividad, la cual corresponde a 1.65 metros

Área de Corte:

Para el área de corte determinaremos la cantidad de equipos que intervienen en el proceso posteriormente serán dimensionados:

Tabla 14 Cantidad de equipos que intervienen en el proceso área corte

K= 0.71864111

| Equipos | Lado(m) | Ancho(m) | Alto(m) | Números de lados de operación | Cantidad |
|-------------------|---------|----------|---------|-------------------------------|----------|
| Mesa de Trabajo | 1.00 | 2.00 | 0.90 | 1 | 2 |
| Equipo oxicorte | 0.44 | 0.50 | 1.85 | 1 | 2 |
| Taladro Eléctrico | 0.33 | 0.45 | 1.35 | 1 | 2 |
| Pulidora | 0.25 | 0.6 | 0.6 | 1 | 4 |
| Tronzadora | 0.7 | 0.92 | 1.04 | 1 | 2 |

| Equipo | Superficie Estática (m2) | Superficie Gravitacional (m2) | Superficie de evolución (m2) | Superficie por equipo (m2) |
|-------------------|--------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Mesa de Trabajo | 2.00 | 2.00 | 2.87 | 6.87 |
| Equipo oxicorte | 0.22 | 0.22 | 0.32 | 0.76 |
| Taladro Eléctrico | 0.15 | 0.15 | 0.21 | 0.51 |
| Pulidora | 0.15 | 0.15 | 0.22 | 0.52 |
| Tronzadora | 0.64 | 0.64 | 0.93 | 2.21 |

| Equipo | Cantidad | Superficie por equipo | Superficie Total requerida |
|-------------------|----------|-----------------------|----------------------------|
| Mesa de Trabajo | 2 | 6.87 | 13.749129 |
| Equipo oxicorte | 2 | 0.76 | 1.5124042 |
| Taladro Eléctrico | 2 | 0.51 | 1.0208728 |
| Pulidora | 4 | 0.52 | 2.0623693 |
| Tronzadora | 4 | 2.21 | 8.854439 |
| | | TOTAL | 27.20 |

Elaboración: propia

Área de Soldadura

Para el área de soldadura determinaremos la cantidad de equipos que intervienen en el proceso posteriormente serán dimensionados:

Tabla 15 Cantidad de equipos que intervienen en el proceso área soldadura

K= 0.71864111

| Equipos | Lado(m) | Ancho(m) | Alto(m) | Números de lados de operación | Cantidad |
|-------------------------|---------|----------|---------|-------------------------------|----------|
| Mesa de Trabajo | 1.00 | 2.00 | 0.90 | 1 | 3 |
| Máquina de Soldar | 0.18 | 0.45 | 0.35 | 1 | 5 |
| Baúl de consumibles | 0.63 | 0.25 | 0.25 | 1 | 2 |
| Prensa de Banco | 0.18 | 0.19 | 0.34 | 1 | 4 |
| Equipo de Oxi-Acetileno | 0.65 | 0.45 | 1.8 | 1 | 2 |

| Equipo | Superficie Estática (m2) | Superficie Gravitacional (m2) | Superficie de evolución (m2) | Superficie por equipo (m2) |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Mesa de Trabajo | 2.00 | 2.00 | 2.87 | 6.87 |
| Máquina de Soldar | 0.08 | 0.08 | 0.12 | 0.28 |
| Baúl de consumibles | 0.16 | 0.16 | 0.23 | 0.54 |
| Prensa de Banco | 0.03 | 0.03 | 0.05 | 0.12 |
| Equipo de Oxi-Acetileno | 0.29 | 0.29 | 0.42 | 1.01 |

| Equipo | Cantidad | Superficie por equipo | Superficie Total Requerida (m2) |
|-------------------------|----------|-----------------------|---------------------------------|
| Mesa de Trabajo | 3 | 6.87 | 20.6236934 |
| Máquina de Soldar | 5 | 0.28 | 1.3920993 |
| Baúl de consumibles | 2 | 0.54 | 1.0827439 |
| Prensa de Banco | 4 | 0.12 | 0.47022021 |
| Equipo de Oxi-Acetileno | 2 | 1.01 | 2.0108101 |
| TOTAL | | | 25.59 |

Elaboración: propia

A través del análisis de relaciones de las actividades desarrollado con anterioridad, se determinó que las áreas evaluadas pueden aumentar su productividad si el recorrido entre las mismas es el menor posible. De esta manera identificamos departamentos que deberían estar juntos para disminuir considerablemente el tiempo en el flujo de material y como consecuencia reducir el tiempo de producción de las estructuras, debido a esta nueva distancia que debe existir entre las áreas es necesario reordenar el espacio físico en el taller de fabricación de la planta.

Como consideraciones previas, debemos de tener en cuenta que existen dos áreas cuyo espacio físico no podrán ser modificados, debido a la naturaleza de los mismos, los cuales son: **Oficinas de Ingeniería y Almacén de equipos y herramientas**, el motivo principal es que estas dos áreas son dos contenedores de 20 pies, las medidas estándar son de 6,00 metros de largo, 2,30 de ancho y 2,30 de alto, los cuales son un contenedor del tipo marítimo destinado a almacén con anaqueles incorporados y otro con doble entrada (acceso al exterior del recinto y acceso directo al taller de fabricación).



Figura 24. Contenedor Marítimo Almacén

Elaboración: propia

La imagen previa nos evidencia las estructuras rígidas que forman parte del almacén que custodia los equipos y herramientas en el taller, cuyo redimensionamiento implicaría realizar cortes que modificarían la normal operatividad de las mismas.

En ese sentido tenemos una reducción en las áreas más importantes de empresa, las cuales podrá aprovecharse en futuros proyectos

Tabla 16 *Relación de áreas*

| RELACIÓN DE ÁREAS | | Área requerida (m ²) | Área Utilizada actual (m ²) |
|-------------------|---|----------------------------------|---|
| 1 | OFICINAS DE INGENIERÍA | 18.00 | 18.00 |
| 2 | RECEPCIÓN DE MATERIALES | 24.00 | 24.00 |
| 3 | ALMACÉN DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS | 18.00 | 18.00 |
| 4 | ÁREA DE CORTE | 27.20 | 32.60 |
| 5 | ÁREA DE SOLDADO | 25.59 | 29.60 |
| 6 | PREMONTAJE | 20.07 | 22.60 |
| 7 | ÁREA DE PUNTEADO Y SOLDADURA DEFINITIVA | 33.87 | 36.90 |
| 8 | ÁREA DE CALIBRADO | 16.30 | 18.45 |
| 9 | ARENADO | 28.80 | 29.20 |
| 10 | PINTURA Y SECADO | 24.00 | 25.00 |
| 11 | DESPACHO | 30.00 | 36.00 |
| 12 | VESTUARIOS | 18.00 | 18.00 |
| 13 | SERVICIOS HIGIÉNICOS VARONES | 1.44 | 1.44 |
| 14 | SERVICIOS HIGIÉNICOS MUJERES | 1.44 | 1.44 |
| TOTAL | | 286.71 | 311.23 |

Elaboración: propia

Los resultados posteriores a la mejora implementada nos reflejan una optimización del espacio del taller de fabricación de 311.23 metros cuadrados a 286.71 metros cuadrados.

$$= \frac{\text{Utilización de espacio propuesta}}{\text{Utilización de espacio actual}} = = \frac{286.71}{311.23} = \mathbf{0.92121}$$

Es decir, se redujo a un 92.121% la utilización del espacio actual, liberándose un total de 24.52 metros cuadrados para futuros proyectos.

Para Tompkins la efectividad de un área está condicionada a una relación entre el área y perímetro de la misma, a través de la fórmula:

$$F = \frac{P}{4\sqrt{A}}$$

Donde:

F = Factor de medición de la forma del departamento

P = Perímetro real del departamento

A = Área real del departamento

De acuerdo a lo establecido por Tompkins, un departamento deberá de tener una forma regular, y en consecuencia se tendrá un deberá de tener aprovechamiento adecuado del espacio y flujo, la condición está dada mientras que el valor de F se encuentre entre los valores de 1 y 1,4, Si F tiende a 1 su forma tiene a una forma cuadrangular, sin embargo, cuando F se aleja de 1,4 el departamento generado es muy irregular.

Tabla 17 *Relación de áreas*

| RELACIÓN DE ÁREAS | | Largo | Ancho | Área requerida (m ²) | F |
|-------------------|---|-------|-------|----------------------------------|------|
| 1 | OFICINAS DE INGENIERÍA | 6.00 | 3.00 | 18.00 | 1.06 |
| 2 | RECEPCIÓN DE MATERIALES | 6.00 | 4.00 | 24.00 | 1.02 |
| 3 | ALMACÉN DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS | 6.00 | 3.00 | 18.00 | 1.06 |
| 4 | ÁREA DE CORTE | 4.90 | 5.55 | 27.20 | 1.00 |
| 5 | ÁREA DE SOLDADO | 5.06 | 5.06 | 25.59 | 1.00 |
| 6 | PREMONTAJE | 6.00 | 3.34 | 20.07 | 1.04 |
| 7 | ÁREA DE PUNTEADO Y SOLDADURA DEFINITIVA | 5.76 | 5.88 | 33.87 | 1.00 |
| 8 | ÁREA DE CALIBRADO | 5.00 | 3.26 | 16.30 | 1.02 |
| 9 | ARENADO | 6.00 | 4.80 | 28.80 | 1.01 |
| 10 | PINTURA Y SECADO | 6.00 | 4.00 | 24.00 | 1.02 |
| 11 | DESPACHO | 6.00 | 5.00 | 30.00 | 1.00 |
| 12 | VESTUARIOS | 6.00 | 3.00 | 18.00 | 1.06 |
| 13 | SERVICIOS HIGIÉNICOS VARONES | 1.20 | 1.20 | 1.44 | 1.00 |
| 14 | SERVICIOS HIGIÉNICOS MUJERES | 1.20 | 1.20 | 1.44 | 1.00 |
| TOTAL | | | | 286.7076 | |

Fuente: Propia

La tabla anterior valida la regularidad de las áreas, ya que los valores de las distintas áreas involucradas se mantienen entre 1.00 y 1.06. Es decir, por encima de 1.00 y por debajo 1.4.

Tabla 18 *Tiempo empleado en las operaciones*

| Nº | Proceso | Material Prima | Procedimiento | Equipo usado | Duración del proceso (minutos) |
|----|-------------------------|--|--|---|--------------------------------|
| 1 | Recepción de Materiales | <ul style="list-style-type: none"> - Planchas de Acero - Láminas de Acero | Recibir y habilitar los materiales | <ul style="list-style-type: none"> - Equipos de Protección personal. - Almacén | 35.20 |
| 2 | Cortado | <ul style="list-style-type: none"> - Planchas de Acero - Láminas de Acero - Disco de Corte/ Desbaste - Oxígeno / Acetileno | Se corta cada plancha de metal y platinas de acero según la medida indicada por el plano de fabricación, utilizando el equipo correspondiente al espesor de la plancha | <ul style="list-style-type: none"> - Equipos de Protección Personal - Equipo Oxicorte - Mesa de Trabajo - Esmeril Angular | 27.50 |
| 3 | Soldado | <ul style="list-style-type: none"> - Planchas de acero - Láminas de acero - Electrodo de Soldadura MIG | Se posicionan las planchas y láminas de metal, previamente cortadas según el plano de fabricación. Se procede a aplicar la soldadura entre las piezas para construir las piezas metálicas. | <ul style="list-style-type: none"> - Equipos de Protección Personal - Equipo de Soldadura - Mesa de Trabajo - Caja de herramienta manual. | 25.30 |
| 4 | Premontado | <ul style="list-style-type: none"> - Piezas metálicas - Electrodo de Soldadura MIG | Se recibe las estructuras de tamaños menores, y se procede a soldarlas entre sí, para establecer las estructuras preliminares de mayor tamaño | <ul style="list-style-type: none"> - Equipos de Protección Personal - Caja de herramienta manual. - Equipo de Soldadura | 17.40 |

| | | | | | |
|--|-------------------------------|--|---|--|---------------|
| 5 | Punteado y Soldado definitivo | <ul style="list-style-type: none"> - Estructura metálica. - Electrodo de Soldadura | Se realiza la unión de estructuras aplicando puntos de soldadura, posteriormente a revisar en primera instancia la conformidad con el diseño, se procede a aplicar la soldadura definitiva y se deriva al área de Calibrado | <ul style="list-style-type: none"> - Equipos de Protección Personal - Equipo de Soldadura - Caja de herramienta manual. | 18.40 |
| 6 | Calibrado | <ul style="list-style-type: none"> - Estructura Metálica - Disco de corte | Se revisa la conformidad de la estructura con los planos de fabricación, procediéndose a alinear las estructuras no conformes. Posteriormente, se procede a cortar las partes de las estructuras que no intervienen en el diseño final. | <ul style="list-style-type: none"> - Equipos de Protección Personal - Calibrador - Esmeril angular | 25.50 |
| 7 | Arenado | <ul style="list-style-type: none"> - Arena | <p>Se recibe y posiciona la estructura calibrada.</p> <p>Se Revisa la compresora de aire y las conexiones de la misma</p> <p>Se procede a señalar el área de trabajo</p> <p>Se aplica arena a alta presión con la compresora de aire, y se verifica zonas pendientes de arenado y se procede a aplicar arena a presión.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Equipos de protección personal - Compresora de Aire | 10.15 |
| 8 | Pintado y Secado | <ul style="list-style-type: none"> - Pintura Epóxica - Diluyente | <p>Se posiciona la estructura recibida del arenado.</p> <p>Se procede a limpiar la estructura con diluyente</p> <p>Se procede a diluir la pintura epóxica y aplicar en el dosificador de la compresora. Finalmente, se aplica la pintura a presión</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Equipos de Protección Personal - Caja de herramientas - Compresora de aire | 18.50 |
| Tiempo total de duración de las operaciones del proceso de fabricación de estructuras metálicas dentro del Taller | | | | | 177.95 |

Elaboración: propia

En la tabla anterior se evidencia que tiempo empleado en las operaciones que intervienen en la fabricación de las estructuras metálicas es de 177.95 minutos. Para determinar el tiempo total del proceso se procederá a determinar los tiempos que intervienen en el transporte:

- **Tiempo de Transporte de Material**

Tabla 19 *Tiempo de Transporte de Material*

| Área de Partida | Área Destino | Distancia (Metros) | Tiempo de Transporte (minutos) |
|---|----------------------------------|--------------------|--------------------------------|
| Almacén de Equipos y Herramientas | Área de Corte | 16.2992 | 8.50 |
| Área de Corte | Soldadura | 8.8459 | 7.20 |
| Soldadura | Pre-montaje | 3.3541 | 5.50 |
| Pre-montaje | Punteado y Soldadura Definitiva | 8.6712 | 4.50 |
| Punteado y Soldadura Definitiva | Área de Calibrado de Estructuras | 7.2111 | 5.50 |
| Área de Calibrado de Estructuras | Arenado | 6.5192 | 5.00 |
| Arenado | Pintado y Secado | 8.000 | 3.00 |
| Pintado | Despacho | 5.000 | 4.00 |
| Tiempo total de transporte entre operaciones del proceso de fabricación de estructuras metálicas dentro del Taller | | | 43.20 |

Elaboración: Propia

En la tabla anterior se observa un tiempo total de recorrido de material de 43.20 minutos por estructura fabricada. Las cuales repercuten en el tiempo final de fabricación en el taller. Podemos inferir que se está consumiendo una cantidad de tiempo considerable en el traslado en las piezas y estructuras fabricadas.

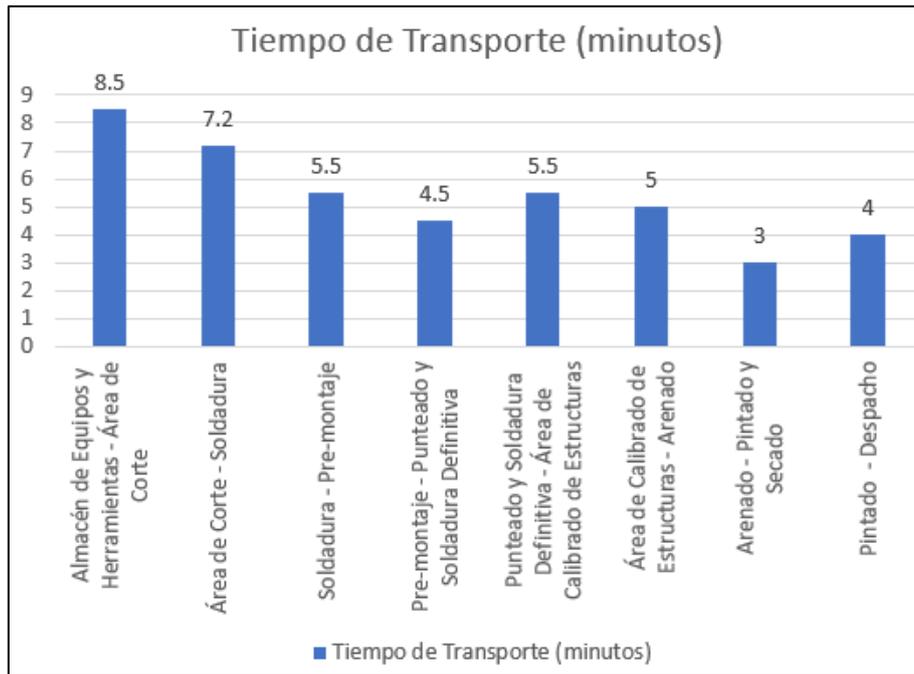


Figura 25. Tiempo de transporte

Fuente: Propio

Se puede identificar que los recorridos de entre los procesos que relacionan el almacén y el área de corte, es la que tiene la mayor cantidad de tiempo consumido de recorrido, seguido por el tiempo de recorrido entre las áreas de Corte y soldadura. Finalmente, las áreas de soldadura y pre-montaje y la de punteado y soldado se mantienen igualados en un tercer lugar. Podemos determinar que la ubicación de las áreas anteriormente nombradas debería de tener una ubicación más estratégica dentro del taller de fabricación.

- **Tiempo de espera en el proceso de producción**

Tabla 20 *Tiempo de espera en el proceso de producción*

| PROCESO | Tiempo de Espera en Minutos |
|---|-----------------------------|
| Preparación de Equipos | 7.0 |
| Inspección y Revisión de cortes | 4.5 |
| Revisión de puntos de soldadura en piezas | 5.2 |
| Revisión de Estructuras calibradas | 8.5 |
| Revisión de uniformidad de pintura | 3.5 |
| Tiempo total de transporte entre operaciones del proceso de fabricación de estructuras metálicas dentro del Taller | 28.7 |

Elaboración: propia

Para culminar el estudio de tiempo del proceso de elaboración de las estructuras metálicas en el taller de fabricación, se determinó a el tiempo de espera en el proceso de fabricación descrito en la tabla anterior, en la que podemos identificar que los tiempos en consumidos en las revisiones de las estructuras calibradas lideran los tiempos de esperas, seguido por la preparación de los equipos para ejecutar la labor.

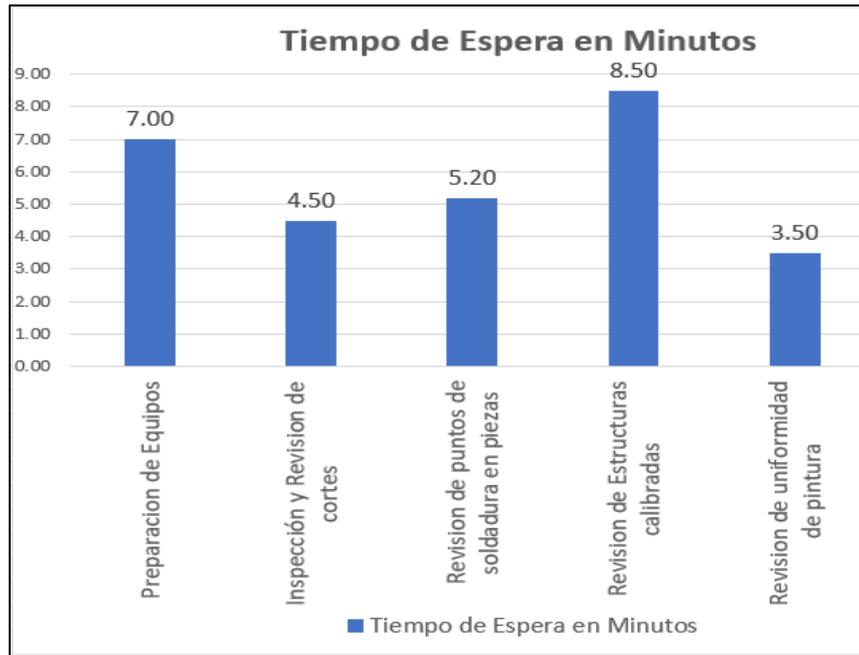


Figura 26. Tiempo de espera en minutos

Fuente: Propia

| N° | Proceso | Material Prima | Procedimiento | Equipo usado | Distancia (metros) | Duración del proceso (minutos) |
|----|--|--|--|---|--------------------|--------------------------------|
| 1 | Recepción de Materiales | Planchas de Acero Láminas de Acero | Recibir y habilitar los materiales | - Equipos de Protección personal. - Almacén | | 35.20 |
| 2 | Preparación de Equipos | | Atención de requerimiento de los equipos, materiales, y consumibles para iniciar la labor | | | 7.00 |
| 3 | Traslado de materiales de Almacén al área de corte | | Retiro de materiales y equipos desde el almacén y entregarlos al equipo de corte | | 16.23 | 8.50 |
| 4 | Cortado | - Planchas de Acero - Láminas de Acero - Disco de Corte/ Desbaste - Oxígeno / Acetileno | Se corta cada plancha de metal y platinas de acero según la medida indicada por el plano de fabricación, utilizando el equipo correspondiente al espesor de la plancha | - Equipos de Protección Personal - Equipo Oxicorte - Mesa de Trabajo - Esmeril Angular | | 27.50 |
| 5 | Inspección y revisión de cortes | | Revisar que los cortes de la materia prima, sean conforme a lo requerido en el plano de fabricación | | | 4.50 |
| 6 | Traslado de láminas habilitadas al área de soldadura | | Las planchas debidamente cortadas según el plano, son trasladadas al ingreso del área de soldadura | | 8.85 | 7.20 |

| | | | | | | |
|----|--|---|---|---|------|-------|
| 7 | Soldado | <ul style="list-style-type: none"> - Planchas de acero - Láminas de acero - Electrodo de Soldadura MIG | Se posicionan las planchas y láminas de metal, previamente cortadas según el plano de fabricación. Se procede a aplicar la soldadura entre las piezas para construir las piezas metálicas. | <ul style="list-style-type: none"> - Equipos de Protección Personal - Equipo de Soldadura - Mesa de Trabajo - Caja de herramienta manual. | | 25.30 |
| 8 | Revisión de puntos de soldadura en piezas | | Revisar que las piezas estén unidas de forma adecuada, principalmente que la soldadura sea aplicada de forma uniforme | | | 5.20 |
| 9 | Traslado de piezas procesadas rumbo a premontaje | | Se retiran las estructuras de tamaño menor fabricadas para que sean unidas en el área de premontaje | | 3.35 | 5.50 |
| 10 | Premontado | <ul style="list-style-type: none"> - Piezas metálicas - Electrodo de Soldadura MIG | Se recibe las estructuras de tamaños menores, y se procede a soldarlas entre sí, para establecer las estructuras preliminares de mayor tamaño. | <ul style="list-style-type: none"> - Equipos de Protección Personal - Caja de herramienta manual. - Equipo de Soldadura | | 17.40 |
| 11 | Traslado de estructuras de premontaje hacia el área de punteado y soldado definitivo | | Las estructuras se retiran del área de premontaje, para que sean derivadas directamente al área de punteado y soldadura definitiva | | 8.67 | 4.50 |
| 12 | Punteado y Soldado definitivo | <ul style="list-style-type: none"> - Estructura metálica. - Electrodo de Soldadura | Se realiza la unión de estructuras aplicando puntos de soldadura, posteriormente a revisar en primera instancia la conformidad con el diseño, se procede a aplicar la soldadura definitiva y se deriva al área de Calibrado | <ul style="list-style-type: none"> - Equipos de Protección Personal - Equipo de Soldadura - Caja de herramienta manual. | | 18.40 |
| 13 | Traslado del área de punteado y soldadura hacia el área de Calibrado | | | | 7.21 | 5.50 |

| | | | | | | | |
|----|--|---|---|---|------|------|-------|
| 14 | Calibrado | <ul style="list-style-type: none"> - Estructura Metálica - Disco de corte | Se revisa la conformidad de la estructura con los planos de fabricación, procediéndose a alinear las estructuras no conformes. Posteriormente, se procede a cortar las partes de las estructuras que no intervienen en el diseño final. | <ul style="list-style-type: none"> - Equipos de Protección Personal - Calibrador - Esmeril angular | | | 25.50 |
| 15 | Revisión de Estructuras calibradas | | Revisión final de la correcta alineación de las estructuras | | | | 8.50 |
| 16 | Traslado de piezas calibradas hacia el arenado | | Recojo de estructuras ensambladas para que sean entregadas en el área de arenado | | 6.52 | 5.00 | |
| 17 | Arenado | <ul style="list-style-type: none"> - Arena | <p>Se recibe y posiciona la estructura calibrada.</p> <p>Se Revisa la compresora de aire y las conexiones de la misma</p> <p>Se procede a señalar el área de trabajo</p> <p>Se aplica arena a alta presión con la compresora de aire, y se verifica zonas pendientes de arenado y se procede a aplicar arena a presión.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Equipos de protección personal - Compresora de Aire | | | 10.15 |
| 18 | Traslado de estructuras arenadas para ser pintadas | | Se recogen las estructuras limpias y entregan al área de pintado | | 8.00 | 3.00 | |

| | | | | | | |
|---|--|--|--|--|------|---------------|
| 19 | Pintado | <ul style="list-style-type: none"> - Pintura Epóxica - Diluyente | <p>Se posiciona la estructura recibida del arenado. Se procede a limpiar la estructura con diluyente Se procede a diluir la pintura epóxica y aplicar en el dosificador de la compresora. Finalmente, se aplica la pintura a presión</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Equipos de Protección Personal - Caja de herramientas - Compresora de aire | | 18.50 |
| 20 | Revisión de uniformidad de pintura | | Verificar que la pintura se aplicó de forma uniforme, sin grupos e impurezas en la aplicación, así como dar conformidad del color | | | 3.50 |
| 21 | Traslado de Estructuras pintadas para su respectivo secado | | Las estructuras debidamente pintadas son trasladadas para su respectivo secado | | 5.00 | 4.00 |
| Tiempo total del proceso de fabricación de estructuras metálicas dentro del Taller | | | | | | 249.85 |

Fuente: Propia

- **Diseño Original vs Diseño Propuesto**

Tabla 21 *Diseño Original vs Diseño Propuesto*

| N° | Traslado | Actual | | Propuesto | | Diferencia | |
|----|--|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|
| | | Distancia | Tiempo | Distancia | Tiempo | Distancia | Tiempo |
| | | (metros) | (minutos) | (metros) | (minutos) | (metros) | (minutos) |
| 1 | Traslado del almacén de Equipos y Herramientas hacia el área de Corte | 16.2992 | 8.5 | 5.0249 | 2.62 | 11.2743 | 5.88 |
| 2 | Traslado del área de Corte hacia el área de soldadura | 8.8459 | 7.2 | 5.0873 | 4.14 | 3.7586 | 3.06 |
| 3 | Movimiento de materiales desde el área de soldadura hacia Pre-montaje | 3.3541 | 5.5 | 3.297 | 5.41 | 0.0571 | 0.09 |
| 4 | Transporte desde el área de Pre-montaje hacia el área de Punteado y Soldadura Definitiva | 8.6712 | 4.5 | 5.6616 | 2.94 | 3.0096 | 1.56 |
| 5 | Traslado del área de Punteado y Soldadura Definitiva hacia el área de Calibrado de Estructuras | 7.2111 | 5.5 | 3.1623 | 2.41 | 4.0488 | 3.09 |
| 6 | Movimiento del área de Calibrado de Estructuras hacia el Arenado | 6.5192 | 5.0 | 4.6098 | 3.54 | 1.9094 | 1.46 |
| 7 | Traslado desde el área de Arenado hacia el área de pintado | 8.0000 | 3.0 | 7.1255 | 2.67 | 0.8745 | 0.33 |
| 8 | Traslado desde el área Pintado hacia el Despacho | 5.0000 | 4.0 | 5.0000 | 4.00 | 0 | 0.00 |
| | | | | | | TOTAL | 15.47 |

Elaboración: propia

Con respecto a la tabla anterior teniendo en cuenta la distribución original de la planta y la distribución de planta a implementar tenemos lo siguiente:

- Se evidencia una reducción en el traslado del almacén de Equipos y Herramientas hacia el área de Corte de 11.27 metros, de la misma manera se refleja una reducción de tiempo utilizado en dicho de recorrido de 5.88 minutos.
- Se evidencia una reducción en transporte desde el área de Pre-montaje hacia el área de Punteado y Soldadura Definitiva de 3.7586 metros, de la misma manera se refleja una reducción de tiempo utilizado en dicho de recorrido de 3.06 minutos.

- Se evidencia una reducción en el movimiento de materiales desde el área de soldadura hacia el área de pre-montaje de 0.0571 metros, de la misma manera se refleja una reducción de tiempo utilizado en dicho de recorrido de 0.09 minutos.
- Se evidencia una reducción en el transporte desde el área de Pre-montaje hacia el área de Punteado y Soldadura Definitiva de 3.0096 metros, de la misma manera se refleja una reducción de tiempo utilizado en dicho de recorrido de 1.56 minutos.
- Se evidencia una reducción en el traslado del área de Punteado y Soldadura Definitiva hacía el área de Calibrado de Estructuras de 4.0488 metros, de la misma manera se refleja una reducción de tiempo utilizado en dicho de recorrido de 3.09 minutos.
- Se evidencia una reducción en el traslado del área de Calibrado de Estructuras hacia el Arenado de 1.9094 metros, de la misma manera se refleja una reducción de tiempo utilizado en dicho de recorrido de 1.46 minutos.
- Se evidencia una reducción en el traslado desde el área de Arenado hacia el área de pintado de 0.8745 metros, de la misma manera se refleja una reducción de tiempo utilizado en dicho de recorrido de 0.33 minutos.

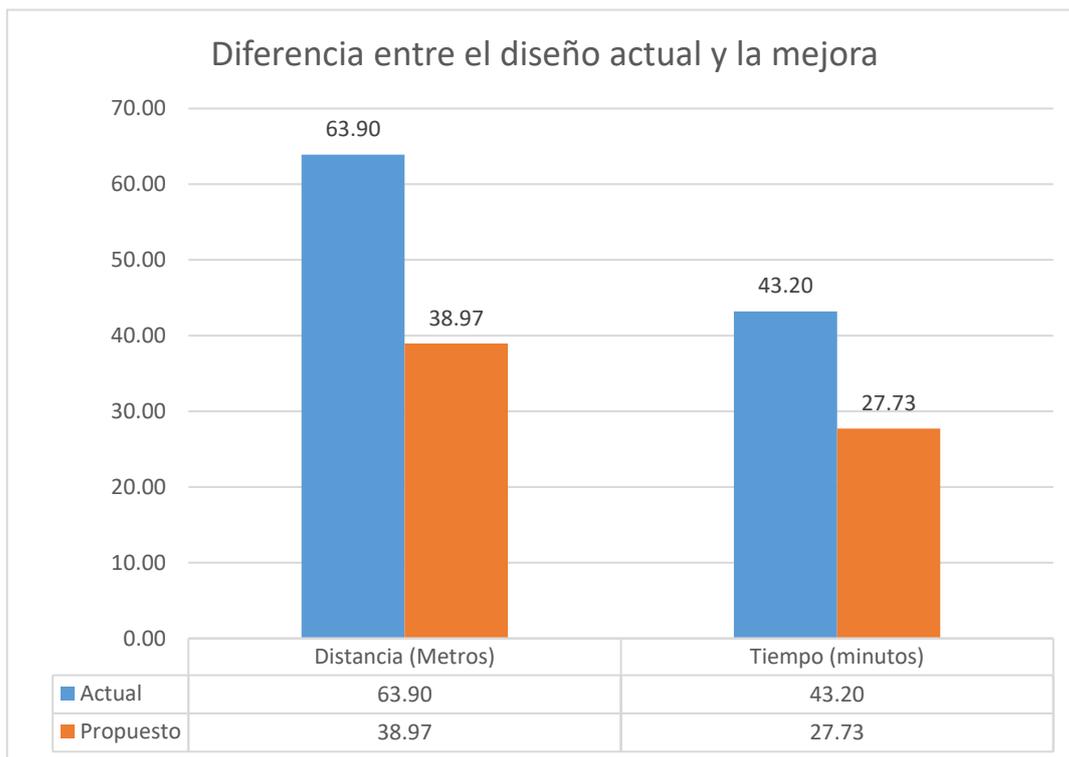


Figura 27. Diferencia entre el diseño actual y mejorado

Elaboración: propia

De acuerdo a la gráfica anterior se puede observar que:

- Se presenta una disminución en la distancia total recorrida de 24.93 metros lo que representa una reducción del 39.01% teniendo en cuenta la distribución de planta implementada.
- Se presenta una disminución en el tiempo de duración del transporte de material en el proceso de producción de las estructuras metálicas en el taller de 14.47 minutos lo que representa una reducción del 35.81% teniendo en cuenta la distribución de planta original a la distribución.

En el estudio del diagrama de análisis de procesos realizado previamente se evidencian las actividades desglosadas en elementos para la fabricación de las estructuras metálicas, además de reflejar los tiempos que se ocupan en cada actividad, tenemos un total de 72 elementos o tareas, las cuales se desglosan en 38 actividades de operación, 15 de

transporte, 7 de espera, 11 de inspección y 1 de almacenamiento. Se ha determinado que el proceso total se ejecuta en 177.95 minutos. Además, se hallará el porcentaje de las actividades productivas e improductivas.

$$\text{Actividades Productivas} = \frac{\sum \text{Actividades Productivas}}{\sum \text{Total de Actividades}} \times 100$$

$$\text{Actividades Productivas} = \frac{65}{72} \times 100 = 90.28\%$$

La fórmula nos evidencia que el proceso total presenta un 90.28% de actividades que agregan valor al proceso de fabricación de estructuras metálicas. En consecuencia, del mismo análisis determinamos que el porcentaje de subtareas que no aportan valor al proceso de fabricación, las mismas que corresponden al 9.72% del total de actividades.

$$\text{Actividades Improductivas} = \frac{\sum \text{Actividades Improductivas}}{\sum \text{Total de Actividades}} \times 100$$

$$\text{Actividades Productivas} = \frac{7}{72} \times 100 = 9.72\%$$

Recolección de datos antes de la implementación

En esta etapa del estudio se analizarán los datos en un periodo de 12 semanas, desde 01 de abril del 2021 hasta el 17 de junio del 2021, periodo en el cual se obtendrá todas las mediciones correspondientes.

- **Tiempo de Procesamiento antes de la implementación**

A partir del estudio de tiempos se destacó los tiempos de procesamiento tanto individual y total. Además, se obtuvo el Lead Time, el cual es el tiempo en el que el cliente recibe las estructuras en el punto de instalación

Tabla 22 *Tiempo de Procesamiento antes de la implementación*

| Descripción | Tiempo (min) | Tiempo (segundos) | Takt Time |
|--------------------------------------|---------------|-------------------|-----------|
| Recepcionar Materiales | 35.20 | 2112 | 7200 |
| Cortar | 27.50 | 1650 | 7200 |
| Soldar | 25.30 | 1518 | 7200 |
| Premontar | 17.40 | 1044 | 7200 |
| Puntear y soldar | 18.40 | 1104 | 7200 |
| Calibrar | 25.50 | 1530 | 7200 |
| Arenar | 10.15 | 609 | 7200 |
| Pintar | 18.50 | 1110 | 7200 |
| Tiempo Total de Procesamiento | 177.95 | 10677.00 | |

Elaboración: propia

Tabla 23 *Tiempos de procesamiento individual*

| Descripción | Resultados |
|------------------------|-------------------------|
| Número de trabajadores | 11 |
| Lead Time (días) | 6 días y 177.95 minutos |
| Inventario en proceso | 3 |
| Tiempo procesamiento | 177.95 minutos |

Elaboración: propia

El proceso de fabricación de estructuras metálicas, tiene un tiempo de procesamiento de 177.95 minutos en una jornada laboral diaria de 8 horas (disponibilidad del operario).

- **Balance del operador antes de la implementación**

El balance del operador se relaciona con la cantidad de operarios necesarios y la disponibilidad que se tiene para ejecutar las actividades productivas desde el inicio hasta su conclusión, para posteriormente ser derivada a la siguiente actividad con relación al ritmo de producción o takt Time, que es el tiempo que transcurre para atender el requerimiento del cliente.

Este indicador, refleja la cantidad de trabajadores que se requieren para producir una estructura metálica, para determinar ello se realiza una evaluación de la situación actual

del proceso, obteniendo de esta manera la cantidad de operaciones, la cantidad de trabajadores, los tiempos de cada ciclo y la relación que guarda con el tiempo total.

Tabla 24 *Balance de operador*

| Balance de Operador | | | | |
|----------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------|------------------|
| Operación | Trabajador | Actividad | Tiempos (segundos) | Takt Time |
| 1 | A | Recepcionar Materiales | 2112.00 | 7200 |
| 2 | B | Cortar | 1650.00 | 7200 |
| 3 | C y D | Soldar | 1518.00 | 7200 |
| 4 | D, E | Premontar | 1044.00 | 7200 |
| 5 | G y H | Puntear y soldar | 1104.00 | 7200 |
| 6 | H y I | Calibrar | 1530.00 | 7200 |
| 7 | J | Arenar | 609.00 | 7200 |
| 8 | K | Pintar | 1110.00 | 7200 |
| 8 operaciones | 11 trabajadores | | 10677.00 | |

Elaboración: propia

La tabla de Balance de Operadores en el proceso actual refleja que se requiere un total de 11 personas trabajando de forma simultánea en las 8 actividades que intervienen en la fabricación de las estructuras metálicas. Además, refleja que existe un desbalance en el tiempo de aplicación de las actividades con relación al ritmo de producción requerido en un turno de trabajo.

- **Productividad antes de la implementación**

Se mide la productividad, eficiencia y eficacia actuales en un periodo de 24 semanas, desde 09 de noviembre del 2020 hasta el 19 de abril del 2021, periodo en el cual se obtendrá todas las mediciones correspondientes.

Tabla 25: Productividad antes de la mejora

| .Semana | Periodo | Tiempo Ejecutado Semanal (horas) | Tiempos estimado | Eficiencia (%) | Producción ejecutada | Producción programada | Eficacia | Productividad |
|-----------------------------|------------|---|---------------------|-------------------|-------------------------|--------------------------|--------------|---------------|
| 1 | 9/11/2020 | 32 | 35 | 91.4% | 4 | 6 | 66.7% | 61.0% |
| 2 | 16/11/2020 | 34 | 35 | 97.1% | 3 | 6 | 50.0% | 48.6% |
| 3 | 23/11/2020 | 31 | 35 | 88.6% | 5 | 6 | 83.3% | 73.8% |
| 4 | 30/11/2020 | 33 | 35 | 94.3% | 4 | 6 | 66.7% | 62.9% |
| 5 | 7/12/2020 | 35 | 35 | 100.0% | 3 | 6 | 50.0% | 50.0% |
| 6 | 14/12/2020 | 33 | 35 | 94.3% | 5 | 6 | 83.3% | 78.6% |
| 7 | 21/12/2020 | 34 | 35 | 97.1% | 6 | 6 | 100.0% | 97.1% |
| 8 | 28/12/2020 | 31 | 35 | 88.6% | 4 | 6 | 66.7% | 59.0% |
| 9 | 4/01/2021 | 32 | 35 | 91.4% | 5 | 6 | 83.3% | 76.2% |
| 10 | 11/01/2021 | 32 | 35 | 91.4% | 4 | 6 | 66.7% | 61.0% |
| 11 | 18/01/2021 | 33 | 35 | 94.3% | 6 | 6 | 100.0% | 94.3% |
| 12 | 25/01/2021 | 35 | 35 | 100.0% | 4 | 6 | 66.7% | 66.7% |
| 13 | 1/02/2021 | 32 | 35 | 91.4% | 4 | 6 | 66.7% | 61.0% |
| 14 | 8/02/2021 | 34 | 35 | 97.1% | 3 | 6 | 50.0% | 48.6% |
| 15 | 15/02/2021 | 31 | 35 | 88.6% | 5 | 6 | 83.3% | 73.8% |
| 16 | 22/02/2021 | 33 | 35 | 94.3% | 4 | 6 | 66.7% | 62.9% |
| 17 | 1/03/2021 | 35 | 35 | 100.0% | 3 | 6 | 50.0% | 50.0% |
| 18 | 8/03/2021 | 33 | 35 | 94.3% | 5 | 6 | 83.3% | 78.6% |
| 19 | 15/03/2021 | 34 | 35 | 97.1% | 6 | 6 | 100.0% | 97.1% |
| 20 | 22/03/2021 | 31 | 35 | 88.6% | 4 | 6 | 66.7% | 59.0% |
| 21 | 29/03/2021 | 32 | 35 | 91.4% | 5 | 6 | 83.3% | 76.2% |
| 22 | 5/04/2021 | 32 | 35 | 91.4% | 4 | 6 | 66.7% | 61.0% |
| 23 | 12/04/2021 | 33 | 35 | 94.3% | 6 | 6 | 100.0% | 94.3% |
| 24 | 19/04/2021 | 35 | 35 | 100.0% | 4 | 6 | 66.7% | 66.7% |
| Promedio Semanal | | 33 | 35 | 94.0% | 4 | 6 | 73.6% | 69.1% |

Elaboración: propia

Recolección de datos posterior a la implementación

- **Tiempo de Procesamiento posterior a la implementación**

A partir del estudio de tiempos se destacó los tiempos de procesamiento tanto individual y total posteriores a la realización de los ajustes correspondientes por medio de las herramientas de ingeniería. Además, se obtuvo el Lead Time, el cual es el tiempo en el que el cliente recibe las estructuras en el punto de instalación.

Tabla 26 *Tiempo total de procesamiento*

| Descripción | Tiempo (min) | Tiempo (segundos) | Takt Time |
|--------------------------------------|---------------|-------------------|-----------|
| 1 | 35.2 | 2112 | 7200 |
| 2,3 | 52.8 | 3168 | 7200 |
| 4,5,6 | 45.9 | 2754 | 7200 |
| 7 | 10.15 | 609 | 7200 |
| 8 | 18.5 | 1110 | 7200 |
| Tiempo Total de Procesamiento | 162.55 | 9753 | 7200 |

| Descripción | Resultados |
|------------------------|-------------------------|
| Número de trabajadores | 11 |
| Lead Time (días) | 5 días y 162.55 minutos |
| Inventario en proceso | 1 |
| Tiempo procesamiento | 162.55 minutos |

El proceso de fabricación de estructuras metálicas, tiene un tiempo de procesamiento de 162.55 minutos en una jornada laboral diaria de 8 horas (disponibilidad del operario).

- **Balance del Operador Posterior a implementación**

Tabla 27 *Balance del Operador Posterior a implementación*

| Operación | Descripción / Procesos Consolidados | Operador | Tiempo (min) | Tiempo (segundos) | Takt Time |
|----------------------|---------------------------------------|--------------------|---------------|-------------------|-------------|
| 1 | Recepcionar Materiales | A | 35.2 | 2112 | 7200 |
| 2,3 | Cortar - Soldar | B-C-E | 52.8 | 3168 | 7200 |
| 4,5,6 | Premontar Puntear y soldar - Calibrar | E-F-G | 45.9 | 2754 | 7200 |
| 7 | Arenar | H | 10.15 | 609 | 7200 |
| 8 | Pintar | I | 18.5 | 1110 | 7200 |
| 5 operaciones | | 9 Operarios | 162.55 | 9753 | 7200 |

Fuente: Elaboración Propia

La tabla de Balance del Operador Posterior a implementación Evidencia que se requieren 9 operarios trabajando de manera simultánea en las 5 actividades productivas involucradas en la fabricación de las estructuras metálicas.

CAPITULO III. RESULTADOS

3.1. Productividad

Se mide la productividad, eficiencia y eficacia actuales en un periodo de 24 semanas, desde 09 de noviembre del 2020 hasta el 19 de abril del 2021, periodo en el cual se obtendrá todas las mediciones correspondientes.

Tabla 28: *Productividad después de la mejora*

| Semana | Periodo | Tiempo Ejecutado Semanal (horas) | Tiempo estimado | Eficiencia (%) | Producción ejecutada | Producción programada | Eficacia | Productividad |
|-------------------------|------------|----------------------------------|-----------------|----------------|----------------------|-----------------------|--------------|---------------|
| 1 | 26/04/2021 | 35 | 35 | 100.0% | 5 | 6 | 83.3% | 83.3% |
| 2 | 3/05/2021 | 34 | 35 | 97.1% | 6 | 6 | 100.0% | 97.1% |
| 3 | 10/05/2021 | 33 | 35 | 94.3% | 5 | 6 | 83.3% | 78.6% |
| 4 | 17/05/2021 | 35 | 35 | 100.0% | 4 | 6 | 66.7% | 66.7% |
| 5 | 24/05/2021 | 34 | 35 | 97.1% | 5 | 6 | 83.3% | 81.0% |
| 6 | 31/05/2021 | 34 | 35 | 97.1% | 6 | 6 | 100.0% | 97.1% |
| 7 | 7/06/2021 | 33 | 35 | 94.3% | 5 | 6 | 83.3% | 78.6% |
| 8 | 14/06/2021 | 34 | 35 | 97.1% | 4 | 6 | 66.7% | 64.8% |
| 9 | 21/06/2021 | 35 | 35 | 100.0% | 5 | 6 | 83.3% | 83.3% |
| 10 | 28/06/2021 | 34 | 35 | 97.1% | 5 | 6 | 83.3% | 81.0% |
| 11 | 5/07/2021 | 35 | 35 | 100.0% | 6 | 6 | 100.0% | 100.0% |
| 12 | 12/07/2021 | 33 | 35 | 94.3% | 4 | 6 | 66.7% | 62.9% |
| 13 | 19/07/2021 | 35 | 35 | 100.0% | 5 | 6 | 83.3% | 83.3% |
| 14 | 26/07/2021 | 34 | 35 | 97.1% | 6 | 6 | 100.0% | 97.1% |
| 15 | 2/08/2021 | 33 | 35 | 94.3% | 5 | 6 | 83.3% | 78.6% |
| 16 | 9/08/2021 | 35 | 35 | 100.0% | 4 | 6 | 66.7% | 66.7% |
| 17 | 16/08/2021 | 34 | 35 | 97.1% | 5 | 6 | 83.3% | 81.0% |
| 18 | 23/08/2021 | 34 | 35 | 97.1% | 6 | 6 | 100.0% | 97.1% |
| 19 | 30/08/2021 | 33 | 35 | 94.3% | 5 | 6 | 83.3% | 78.6% |
| 20 | 6/09/2021 | 34 | 35 | 97.1% | 4 | 6 | 66.7% | 64.8% |
| 21 | 13/09/2021 | 35 | 35 | 100.0% | 5 | 6 | 83.3% | 83.3% |
| 22 | 20/09/2021 | 34 | 35 | 97.1% | 5 | 6 | 83.3% | 81.0% |
| 23 | 27/09/2021 | 35 | 35 | 100.0% | 6 | 6 | 100.0% | 100.0% |
| 24 | 4/10/2021 | 33 | 35 | 94.3% | 4 | 6 | 66.7% | 62.9% |
| Promedio Semanal | | 34 | 36 | 97.4% | 5 | 6 | 83.3% | 81.2% |

Elaboración: propia

3.1.1. Comparación de indicadores antes y después de la mejora

Tabla 29 Comparación de indicadores

| Variable | Indicador | Unidad | Pre Test | Post Test | Meta | Variación |
|-----------------------|------------------------|----------------|----------|-----------|-------------|------------|
| Diseño y Distribución | Metros Recorridos | Metros | 1981.39 | 1256.717 | Reducir | 0.36574003 |
| | Utilización de Espacio | M ² | 311.23 | 286.71 | Reducir | 0.07878418 |
| | Cantidad de Operarios | Operario | 11 | 9 | Reducir | 0.18181818 |
| Productividad | Eficacia | Porcentaje | 94.00% | 97.40% | Incrementar | 0.0349076 |
| | Eficiencia | Porcentaje | 73.61% | 83% | Incrementar | 0.11313253 |

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla anterior se evidencian los resultados de cada indicador:

- **Diseño y Distribución**

El estudio evidencia una reducción en los metros recorridos por los operadores entre las distintas áreas en el taller de producción de 1981.39 metros los cuales fueron tomados inicialmente a 1256.71 correspondientes a la etapa posterior a la implementación de las herramientas, lo cual representa una variación de 36.6%

El estudio evidencia una reducción en el espacio utilizado en el taller de producción de 311.23 metros cuadrados los cuales fueron tomados inicialmente a 286.71 correspondientes a la etapa posterior a la implementación de las herramientas, ello representa una variación a la mejora de 7.9%. El proceso presenta una mejora en la utilización de la mano de obra en el taller, reduciendo así la cantidad de 11 trabajadores interactuando en la fabricación de las estructuras, a una cantidad de 9 trabajadores, esto representa una variación del 18.18%

- **Productividad**

Las actividades reflejan un incremento en la cantidad de horas trabajadas elevando la eficiencia del taller de un 94% obtenidas en la etapa previa a la implementación, a una eficiencia mejorada del 97.4%. Esto refleja una variación beneficiosa de 3.4%.

Las actividades reflejan un incremento en la capacidad de piezas producidas elevando la eficacia del taller de un 73.61% obtenidas en la etapa previa a la implementación, a una eficiencia mejorada del 83%. Esto refleja una variación beneficiosa de 11.3%.

Como consecuencia de la implementación de las mejoras a través de las herramientas de Lean Manufacturing, se logró incrementar la Productividad total del taller de fabricación de 69.1% obtenidas en la etapa de Pre Test a una productividad mejorada de 81.2%.

3.2. Análisis financiero de la investigación

A continuación, se muestran los costos de inversión del proyecto.

Tabla 30: *Costos del proyecto*

| INVERSION DE PROYECTO | S/ | 23,983.00 |
|--------------------------------------|-----------|------------------|
| Cinta adhesiva | S/ | 70.00 |
| Lapiceros | S/ | 88.00 |
| Perforador | S/ | 72.00 |
| Engrapador | S/ | 50.00 |
| Grapas | S/ | 12.00 |
| Trapo Industrial | S/ | 30.00 |
| Archivadores | S/ | 60.00 |
| Escritorio | S/ | 420.00 |
| Silla Giratoria | S/ | 250.00 |
| Suministro Impresora | S/ | 445.00 |
| Papel Bond A4 | S/ | 125.00 |
| Carro Hidráulico | S/ | 2,145.00 |
| Cámara Fotográfica | S/ | 850.00 |
| Calculadora | S/ | 84.00 |
| Laptop | S/ | 2,600.00 |
| Impresora | S/ | 1,100.00 |
| Layout | S/ | 2,400.00 |
| Reubicación de Área de Soldadura | S/ | 1,022.00 |
| Reubicación de Área de Corte | S/ | 1,022.00 |
| Reubicación de Área de Premontaje | S/ | 1,022.00 |
| Reubicación del área de Calibrado | S/ | 1,022.00 |
| Reubicación de área de punteado | S/ | 1,022.00 |
| Especialista en Aplicación de mejora | S/ | 2,250.00 |
| Capacitación a Personal | S/ | 1,500.00 |
| Luz | S/ | 2,328.00 |
| Agua | S/ | 2,064.00 |

Elaboración: propia

Seguidamente, se desarrolla el flujo de caja del proyecto de investigación, donde se han tomado en cuenta los ahorros generados, costos variables, depreciación. Asimismo, la empresa ha invertido un total de S/. 23,983, con una tasa de descuento de 10%.

Tabla 31: Flujo de caja proyectado a cinco años escenario probable

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Ingresos adicionales por ahorros | | S/ 123,428.00 | S/ 135,770.80 | S/ 149,347.88 | S/ 164,282.67 | S/ 180,710.93 |
| Ahorro con implementación | | S/ 1,085.35 | S/ 1,193.89 | S/ 1,313.27 | S/ 1,444.60 | S/ 1,589.06 |
| Beneficios totales | | S/ 124,513.35 | S/ 136,964.69 | S/ 150,661.15 | S/ 165,727.27 | S/ 182,300.00 |
| Costos variables | | S/ 79,464.00 | S/ 87,410.40 | S/ 96,151.44 | S/ 105,766.58 | S/ 116,343.24 |
| Utilidad operativa | | S/ 45,049.35 | S/ 49,554.29 | S/ 54,509.71 | S/ 59,960.68 | S/ 65,956.75 |
| Impuesto a la renta (29.5%) | | S/ 13,289.56 | S/ 14,618.51 | S/ 16,080.37 | S/ 17,688.40 | S/ 19,457.24 |
| Flujo efectivo neto | | S/ 31,759.79 | S/ 34,935.77 | S/ 38,429.35 | S/ 42,272.28 | S/ 46,499.51 |
| Tasa de descuento (10%) | S/ 23,893.00 | S/ - |
| Valor presente | -S/ 23,893.00 | S/ 31,759.79 | S/ 34,935.77 | S/ 38,429.35 | S/ 42,272.28 | S/ 46,499.51 |

Elaboración: propia

COK: 6.5%

VA: S/159,234.87

VAN: S/136,515.87

TIR: 147%

IR: S/. 7.01

Tabla 32: Flujo de caja proyectado a cinco años escenario optimista

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Ingresos adicionales por ahorros | | S/ 123,428.00 | S/ 148,113.60 | S/ 177,736.32 | S/ 213,283.58 | S/ 255,940.30 |
| Ahorro con implementación | | S/ 1,085.35 | S/ 1,302.42 | S/ 1,562.90 | S/ 1,875.48 | S/ 2,250.58 |
| Beneficios totales | | S/ 124,513.35 | S/ 149,416.02 | S/ 179,299.22 | S/ 215,159.07 | S/ 258,190.88 |
| Costos variables | | S/ 79,464.00 | S/ 95,356.80 | S/ 114,428.16 | S/ 137,313.79 | S/ 164,776.55 |
| Utilidad operativa | | S/ 45,049.35 | S/ 54,059.22 | S/ 64,871.06 | S/ 77,845.28 | S/ 93,414.33 |
| Impuesto a la renta (29.5%) | | S/ 13,289.56 | S/ 15,947.47 | S/ 19,136.96 | S/ 22,964.36 | S/ 27,557.23 |
| Flujo efectivo neto | | S/ 31,759.79 | S/ 38,111.75 | S/ 45,734.10 | S/ 54,880.92 | S/ 65,857.10 |
| Tasa de descuento (10%) | S/ 23,893.00 | S/ - |
| Valor presente | -S/ 23,893.00 | S/ 31,759.79 | S/ 38,111.75 | S/ 45,734.10 | S/ 54,880.92 | S/ 65,857.10 |

COK: 6.5%

VA: S/192,011.96

VAN: S/169,292.96

TIR: 157%

IR: S/. 8.45

Tabla 33: Flujo de caja proyectado a cinco años escenario pesimista

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Ingresos adicionales por ahorros | | S/ 123,428.00 |
| Ahorro con implementación | | S/ 1,085.35 |
| Beneficios totales | | S/ 124,513.35 |
| Costos variables | | S/ 79,464.00 |
| Utilidad operativa | | S/ 45,049.35 |
| Impuesto a la renta (29.5%) | | S/ 13,289.56 |
| Flujo efectivo neto | | S/ 31,759.79 |
| Tasa de descuento (10%) | S/ 23,893.00 | S/ - |
| Valor presente | -S/ 23,893.00 | S/ 31,759.79 |

COK: 6.5%

VA: S/131,983.51

VAN: S/109,264.51

TIR: 138%

IR: S/. 5.8

En la tabla 30, 32 y 32, se muestran los cálculos del flujo de caja proyectado para cinco años, donde se pudo conocer los indicadores de los tres estados: estado probable con un VAN de S/136,515.87, el TIR de 147% y un IR de S/. 7.01; en el estado optimista, se obtuvo un VAN de S/169,292.96, TIR de 157% y un IR de S/. 8.45 y finalmente, es el estado pesimista, se obtuvo un VAN de S/109,264.51, TIR 138% y un IR de S/. 5.8. Con estos resultados se puede concluir que el diseño y distribución de planta para mejorar la productividad de procesos de fabricación de estructuras metálicas en empresa metalmeccánica, es factible.

3.3. Análisis inferencial

Prueba de normalidad productividad

Regla de la decisión:

Sig < 0.05 datos no paramétricos

Sig > 0.05 datos paramétricos

Tabla 34 Prueba de normalidad de productividad

| | Shapiro Wilk | | |
|-------------------------|--------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. |
| Productividad Pre-Test | ,970 | 24 | ,100 |
| Productividad Post-Test | ,969 | 24 | ,100 |

Elaboración: propia

Interpretación: según los resultados obtenidos en la tabla 10, con un valor de Sig. > 0.05, se puede concluir que los datos de la productividad son paramétricos. Posteriormente, se realizará la validación de la hipótesis con T-Student.

Prueba de normalidad de eficiencia

Regla de la decisión:

Sig < 0.05 datos no paramétricos

Sig > 0.05 datos paramétricos

Tabla 35 Prueba de normalidad de eficiencia

| | Shapiro Wilk | | |
|----------------------|--------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. |
| Eficiencia Pre-Test | ,998 | 24 | ,100 |
| Eficiencia Post-Test | 1,000 | 24 | ,100 |

Elaboración: propia

Interpretación: según los resultados obtenidos en la tabla 11, con un valor de Sig. > 0.05, se puede concluir que los datos de la eficiencia son paramétricos. Posteriormente, se realizará la validación de la hipótesis con T-Student.

Prueba de normalidad para eficacia

Regla de la decisión:

Sig < 0.05 datos no paramétricos

Sig > 0.05 datos paramétricos

Tabla 36 Prueba de normalidad de eficacia

| | Shapiro Wilk | | |
|--------------------------|--------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. |
| Transportación Pre-Test | 0,998 | 24 | ,100 |
| Transportación Post-Test | 1,000 | 24 | ,100 |

Elaboración: propia

Interpretación: según los resultados obtenidos en la tabla 12, con un valor de Sig. > 0.05, se puede concluir que los datos de la eficacia son paramétricos. Posteriormente, se realizará la validación de la hipótesis con T-Student.

Prueba de hipótesis

Productividad

H₀: Con el diseño y distribución de la planta no se mejorará la productividad del proceso de fabricación de estructuras metálicas en una empresa metalmeccánica.

H1: Con el diseño y distribución de la planta se mejorará la productividad del proceso de fabricación de estructuras metálicas en una empresa metalmeccánica.

Regla de la decisión:

Si P valor ≤ 0.05 , se rechaza H_0

Tabla 37 *Productividad pre y post test*

| | Media | N | Desviación Estándar | Media de error Estándar |
|-------------------------|--------|----|---------------------|-------------------------|
| Productividad Pre_Test | 0.6909 | 24 | 0.1517 | 0.0310 |
| Productividad Post_Test | 0.8119 | 24 | 0.1217 | 0.0248 |

Elaboración: propia

Tabla 38 *Prueba de muestras pareadas*

| | Media | Desv. Est. | Media de error estándar | 95% intervalo de confianza | | t | gl | Sig. |
|-------------------------|---------|------------|-------------------------|----------------------------|----------|-------|----|------|
| | | | | Inferior | Superior | | | |
| Productividad Pre_Test | -0.1210 | 0.1699 | 0.0347 | -0.1928 | -0.0493 | -3.49 | 24 | .002 |
| Productividad Post_Test | | | | | | | | |

Elaboración: propia

Interpretación: Se muestran los resultados de la comparación, donde el valor de la productividad post es de 0.8119, lo cual es mayor que la media de la productividad pre de 0.6909, y según el planteamiento de la regla de decisión, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Asimismo, se muestran los resultados de la prueba de las muestras pareadas y queda evidenciado que el valor de significancia es de 0.002, siendo este dato menor que 0.05; por ello, se confirma la decisión.

Eficiencia

H0: Con el diseño y distribución de la planta no se mejorará la eficiencia del proceso de fabricación de estructuras metálicas en una empresa metalmeccánica.

H1: Con el diseño y distribución de la planta se mejorará la eficiencia del proceso de fabricación de estructuras metálicas en una empresa metalmeccánica.

Regla de la decisión:

Si P valor ≤ 0.05 , se rechaza H0

Tabla 39 Eficiencia pre y post test

| | Media | N | Desviación Estándar | Media de error Estándar |
|----------------------|--------|----|---------------------|-------------------------|
| Eficiencia Pre_Test | 0.9404 | 24 | 0.0385 | 0.0078 |
| Eficiencia Post_Test | 0.9738 | 24 | 0.0322 | 0.0045 |

Elaboración: propia

Tabla 40 Prueba de muestras pareadas

| | Media | Desv. Est. | Media de error estándar | 95% intervalo de confianza | | t | gl | Sig. |
|----------------------|--------|------------|-------------------------|----------------------------|----------|-------|----|------|
| | | | | Inferior | Superior | | | |
| Eficiencia Pre_Test | -0.033 | 0.0488 | 0.0998 | -0.0539 | -0.0126 | -3.34 | 24 | .003 |
| Eficiencia Post_Test | | | | | | | | |

Elaboración: propia

Interpretación: Se muestran los resultados de la comparación, donde el valor de la eficiencia post es de 0.9738, lo cual es mayor que la media de la eficiencia pre de 0.9404, y según el planteamiento de la regla de decisión, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Asimismo, se muestran los resultados de la prueba de las muestras

pareadas y queda evidenciado que el valor de significancia es de 0.003, siendo este dato menor que 0.05; por ello, se confirma la decisión.

Eficacia

H0: Con el diseño y distribución de la planta no se mejorará la eficacia del proceso de fabricación de estructuras metálicas en una empresa metalmeccánica.

H1: Con el diseño y distribución de la planta se mejorará la eficacia del proceso de fabricación de estructuras metálicas en una empresa metalmeccánica.

Regla de la decisión:

Si P valor ≤ 0.05 , se rechaza H0

Tabla 41 Eficacia pre y post test

| | Media | N | Desviación Estándar | Media de error Estándar |
|--------------------|--------|----|---------------------|-------------------------|
| Eficacia Pre_Test | 0.7363 | 24 | 0.1624 | 0.0331 |
| Eficacia Post_Test | 0.8333 | 24 | 0.1202 | 0.0246 |

Elaboración: propia

Tabla 42 Prueba de muestras pareadas

| | Media | Desv. Est. | Media de error estándar | 95% intervalo de confianza | | t | gl | Sig. |
|--------------------|---------|------------|-------------------------|----------------------------|----------|-------|----|------|
| | | | | Inferior | Superior | | | |
| Eficacia Pre_Test | -0.0972 | 0.1766 | 0.0361 | -0.1718 | -0.0226 | -2.70 | 24 | .013 |
| Eficacia Post_Test | | | | | | | | |

Elaboración: propia

Interpretación: Se evidencia los resultados de la comparación, donde el valor de la eficacia post es de 0.8981, lo cual es mayor que la media de la eficacia pre de 0.7778, y según el planteamiento de la regla de decisión, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la

hipótesis alterna. Asimismo, se muestran los resultados de la prueba de las muestras pareadas y queda evidenciado que el valor de significancia es de 0.013, siendo este dato menor que 0.05; por ello, se confirma la decisión.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

El presente trabajo de instigación tuvo como objetivo diseñar y distribuir la planta para mejorar la productividad de procesos de fabricación de estructuras metálicas en una empresa metalmeccánica.

El estudio evidencia una reducción en los metros recorridos por los operadores entre las distintas áreas en el taller de producción de 1981.39 metros los cuales fueron tomados inicialmente a 1256.71 correspondientes a la etapa posterior a la implementación de las herramientas, lo cual representa una variación de 36.6%. Esta mejora es respaldada por el autor Espino (2018), quien en su tesis titulada “La disposición de planta en la fabricación de productos de madera y su relación con la productividad en la empresa Derivados de la Madera S.R.L” logro reducir el área de fabricación de 1,168 metros cuadrados a 1098 metros cuadrados, logrando un aumento en la productividad mano de obra en la línea de piezas de madera de 2,976 piezas a 3,120 unidad.

En lo que respecta al espacio utilizado en el taller de producción de 311.23 metros cuadrados los cuales fueron tomados inicialmente a 286.71 correspondientes a la etapa posterior a la implementación de las herramientas, ello representa una variación a la mejora de 7.9% y también, la mejora en la utilización de la mano de obra en el taller, reduciendo así la cantidad de 11 trabajadores interactuando en la fabricación de las estructuras, a una cantidad de 9 trabajadores, esto representa una variación del 18.18%.

Esta mejora es respaldada por los autores Loredo y Morin (2016) en su proyecto de investigación titulada “Propuesta de redistribución de planta para mejorar la capacidad de producción del área de rectificado de la Empresa Rectificaciones Augusto” lograron reducir el tiempo por rectificado de 262.7 minutos a 254.2 minutos, se redujo la distancia

recorrida de 96 metros a 32.5 metros, como consecuencia de ello se incrementó la cantidad anual de rectificadas de 329 unidades a 367 unidades.

Finalmente, como consecuencia de la implementación de las mejoras a través de las herramientas, se logró incrementar la Productividad total del taller de fabricación de 69.1% obtenidas en la etapa de Pre Test a una productividad mejorada de 81.2%. Esta mejora es respaldada por los autores Angulo y Medrano (2019) en su investigación titulada “Implementación de un plan de mejora para optimizar la productividad en una empresa fabricante de piezas de fibra de vidrio” Como resultado, se logró incrementar la productividad de la empresa fabricante de piezas de fibras de vidrio en 12.29%, se redujo el tiempo estándar de fabricación en 14.42% se redujeron los costos de producción en 12.87% y se redujo el espacio ocupado por objetos innecesarios en 39.64%.

Las limitaciones del presente proyecto fue la recopilación de la información de la empresa, ya que por la situación actual se hizo compleja. Otra limitación fue el tiempo para realizar las mejoras planteadas.

4.2. Conclusiones

Luego de realizar el diseño y distribución de planta para mejorar la productividad del proceso de fabricación de estructuras metálicas en una empresa metalmecánica.

En cuando al objetivo 1: Se ha realizado un diagnóstico del estado actual del diseño y distribución de planta, donde se logró identificar la mala distribución de las zonas de trabajo, pérdida de espacios, baja eficiencia, baja eficacia y como consecuencia una baja productividad del proceso de fabricación de estructuras metálicas en una empresa metalmecánica.

Respecto al objetivo 2: se logró definir y medir los siguientes indicadores del diseño y distribución de planta: metros recorridos, utilización de espacio, cantidad de operarios, eficiencia, eficacia y productividad.

Referente al objetivo 3: se logró diseñar y distribuir la planta logrando reducción en los metros recorridos por los operadores entre las distintas áreas, reducción en el espacio utilizado en el taller de producción, mejora en la utilización de la mano de obra en el taller y como consecuencia de la implementación de las mejoras, se logró incrementar la Productividad total del taller de fabricación de 69.1% obtenidas en la etapa de Pre Test a una productividad mejorada de 81.2%.

Respecto al objetivo 4: se llevó a cabo el análisis de flujo de caja, donde se pudo conocer los indicadores de los tres estados: estado probable con un VAN de S/136,515.87, el TIR de 147% y un IR de S/. 7.01; en el estado optimista, se obtuvo un VAN de S/169,292.96, TIR de 157% y un IR de S/. 8.45 y finalmente, es el estado pesimista, se obtuvo un VAN de S/109,264.51, TIR 138% y un IR de S/. 5.8. Con estos resultados se puede concluir que el diseño y distribución de planta para mejorar la productividad de procesos de fabricación de estructuras metálicas en empresa metalmeccánica, es factible.

REFERENCIAS

- Angulo A. y Medrano A. (2019). Implementación de un plan de mejora para optimizar la productividad en una empresa fabricante de piezas de fibra de vidrio. Recuperado de: https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/3076/IND-T030_47587080_T%20%20%20ANGULO%20BALLENA%20JAVIER%20ANTONIO%20JUNIOR.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Buitrago-Pulido, R. D. (2019). Análisis bibliométrico sobre la producción científica en distribución en planta en la red Redalyc durante el periodo 2007 - 2017. *Scientia Et Technica*, 24(3),446-450. [fecha de Consulta 20 de Agosto de 2021]. ISSN: 0122-1701. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84961239011>
- Cámara de Comercio de Lima (2021). Las oportunidades del sector metalmeccánico en el exterior. Recuperado de: <https://lacamara.pe/las-oportunidades-del-sector-metalmeccanico-en-el-exterior/>
- Céspedes P. (2016) Propuesta de redistribución de planta y su efecto en la productividad, en el taller de maestranza-turbinas de la Empresa Agroindustrias San Jacinto S.A.A. Recuperado de:<https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/8420/C%c3%a9spedes%20Baca%2c%20Pablo%20Antonio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CHASE, Richard B. – JACOBS, F. Robert – AQUILANO, Nicholas J. (2009). Administración de Operaciones – producción y cadena de Suministros, Edit. Mc Graw Hill, Duodécima Edición.
- Díaz, B., Jarufe, B.y Noriega, M. (2014). Disposición de planta Noriega. 2.^a edición, 2.^a reimpresión, 3.^a reimpresión. Lima: Universidad de Lima, Fondo Editorial, 2014. Recuperado de: [file:///C:/Users/Carlota%20Bravo/Downloads/Diaz_Noriega_dise%C3%B1o_instalaciones%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Carlota%20Bravo/Downloads/Diaz_Noriega_dise%C3%B1o_instalaciones%20(1).pdf)
- Espino A. (2018). La disposición de planta en la fabricación de productos de madera y su relación con la productividad en la empresa derivados de la madera S.R.L – Cajamarca. Recuperado de:<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13819/Espino%20Rodr%C3%adguez%20%20%20Lizardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ferrero (2019). En Latinoamérica la industria metalmeccánica impulsa las economías de cada país. Recuperado de: <http://ferrepro.mx/metalmecanica-en-america-latina/>
- Fontalvo, T., De La Hoz, E. & Morelos, J. (2018). LA PRODUCTIVIDAD Y SUS FACTORES: INCIDENCIA EN EL MEJORAMIENTO ORGANIZACIONAL. *Dimensión Empresarial*, 16(1), 47-60. Recuperado de: <https://doi.org/10.15665/dem.v16i1.1375>
- González González, Aleida; Leal Rodríguez, Lisandra; Martínez Caballero, Daymí; Morales Fonte, Daylí Herramientas para la gestión por procesos. Cuadernos Latinoamericanos de Administración, vol. XV, núm. 28, 2019 Universidad El

- Bosque, Colombia Disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=409659500003>
- González Rivera, D. (2015). Impactos de la asignatura Distribución en Planta en la formación de estudiantes para la gestión de procesos en Ingeniería Industrial. *Revista Universidad y Sociedad* [seriada en línea], 7 (3). pp. 23-27. Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu/>
- Gutarra, F. (2015). INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA INDUSTRIAL. Huancayo: Fondo Editorial de la Universidad Continental, 2015. Recuperado de: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/2192/1/DO_FIN_108_MAI_UC0516_20162.pdf
- Garza y Martínez (2019). Evaluación y selección del layout de una instalación con el empleo de un enfoque híbrido simulación multiatributo. *Revista Científica "Visión de Futuro"*, vol. 23, núm. 2, pp. 294-311, 2019. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/journal/3579/357960138017/html/>
- Fontalvo, T., De La Hoz, E. & Morelos, J. (2018). LA PRODUCTIVIDAD Y SUS FACTORES: INCIDENCIA EN EL MEJORAMIENTO ORGANIZACIONAL. *Dimensión Empresarial*, 16(1), 47-60. Recuperado de: <https://doi.org/10.15665/dem.v16i1.1375>
- Gonzales M. y Rojas S. (2016). Optimización de la distribución del taller de servicios de mantenimiento de la empresa SCANIA PERÚ S.A. Recuperado de: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/12327/FINAL%20-%20Gabriela%20Gonzales%20Colonia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cabrera, M. (2018). La contabilidad de costos en la producción de bienes y servicios. Revisión bibliográfica actualizada (2010-2018). *En-Contexto Revista de Investigación en Administración, Contabilidad, Economía y Sociedad*, 6(9), 203-230. [fecha de Consulta 20 de Agosto de 2021]. ISSN: 2346-3279. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=551857283010>
- Hernández, R. y Mendoza, T. (2018). Metodología de la investigación. Recuperado de: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/upnpe/reader.action?docID=5485814&query=metodolog%C3%ADa+de+la+investigaci%C3%B3n+#>
- Krajewski, L.; Ritman, L.; Malhotra, M. (2008). *Administración de operaciones*. Octava edición PEARSON EDUCACIÓN, México, 2008
- Loredo C. y Morin J. (2016). Propuesta de redistribución de planta para Mejorar la capacidad de producción del área de rectificado de la Empresa Rectificaciones Augusto. Recuperado de: https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10814/T055_40293839_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Niebels, B. y Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. Recuperado de: https://www.academia.edu/7731445/Ingenier%C3%ADa_Industrial_12ma_Niebel_y_Freivalds
- Mendo I. (2021). Diseño de una distribución de planta para incrementar los niveles de productividad en la Empresa Inversiones CIMAS E.I.R.L. Recuperado

- de:<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/27460/Mendo%20Alvarez%2c%20Ingrid%20Nicol.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- MIRANDA, Jorge, TOIRAC Luis. (2010). INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD PARA LA INDUSTRIA DOMINICANA. Ciencia y Sociedad, Vol. XXXV, núm 2, 2010, 235-290. Instituto Tecnológico de Santo Domingo - INTEC, República Dominicana, 2010
- Ospina J. (2016). Propuesta de distribución de planta, Para aumentar la productividad en una empresa metalmeccánica en Ate Lima, Perú. Recuperado de: http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/2470/1/2016_Ospina_Propuesta_de_distribucion_de_planta.pdf
- PEREZ, Pablo. (2016). Evaluación de la distribución espacial de plantas industriales mediante un Índice de desempeño. Revista de Administração de Empresas, 56 (5), 533-546. <https://doi.org/10.1590/S0034-759020160507>
- Rosero S. (2021). Optimización de la distribución en planta de la central Diésel de la Empresa Eléctrica Regional Norte S.A. EMELNORTE. Recuperado de:<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10929/8/04%20IND%20285%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- REYES, Primitivo; SIMON, Nadima. (2001). Los círculos de control de calidad en empresas de manufactura en México. Revista Contaduría y Administración, No. 201, abril-junio 2001
- RPP (2020). Industria metal mecánico, motor del desarrollo. Recuperado de: <https://rpp.pe/columnistas/leandromariategui/industria-metal-mecanica-motor-del-desarrollo-noticia-1245757>
- Ruiz, D., Almaguer, R., Torres, I. Hernández, A. (2014). La gestión por procesos, su surgimiento y aspectos teóricos. Ciencias Holguín, XX (1),1-11. fecha de Consulta 13 de Agosto de 2021]. ISSN: Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181529931002>
- Roa J. y Rivera J. (2017). Propuesta para el diseño y distribución de planta para las instalaciones de producción de biopinturas mediante técnicas de ingeniería. Recuperado de: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1037&context=ing_industrial
- Pérez, P. (2016). Evaluación de la distribución espacial de plantas industriales mediante un índice de desempeño. Recuperado de:<https://www.scielo.br/j/rae/a/6ydZBBTjQcqj9jMSTQRydjN/?lang=es>
- Pinheiro de Lima, Orlem, Breval Santiago, Sandro, Rodríguez Taboada, Carlos Manuel, & Follmann, Neimar. (2017). A new definition of infernal logistics and how to evaluate it. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, 25(2), 264-276. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052017000200264>.
- SIN (2019). Boletín informativo sector metalmeccánico. Recuperado de: <https://sni.org.pe/sni-industria-metalmeccanica-crecio-102/>
- Sánchez M. y Soberón M. (2017). Rediseño de distribución en planta para reducir el costo de movimiento de materiales en la empresa de calzado Paola Della Flores. Recuperado

de:[https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/3390/1/REP_ING.IN
D_MAR%c3%8dA.S%c3%81NCHEZ_MARIO.SOBERON_REDISE%c3%91
O.DISTRIBUCI%c3%93N.PLANTA.REDUCIR.COSTO.MOVIMIENTO.MA
TERIALES.EMPRESA.CALZADO.PAOLA.DELLA.FLORES.pdf](https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/3390/1/REP_ING.IN
D_MAR%c3%8dA.S%c3%81NCHEZ_MARIO.SOBERON_REDISE%c3%91
O.DISTRIBUCI%c3%93N.PLANTA.REDUCIR.COSTO.MOVIMIENTO.MA
TERIALES.EMPRESA.CALZADO.PAOLA.DELLA.FLORES.pdf)

ANEXO.

Anexo 1: Encuesta: ¿Cómo encuentra usted sus espacios de trabajo?

|  | <p>¿Cómo encuentra usted sus espacios de trabajo?</p> | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------------|----------------|---------|------------|---------|
| CRITERIOS | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 40%;">Nunca</th> <th style="width: 15%;">Raras veces</th> <th style="width: 15%;">A veces</th> <th style="width: 15%;">Casi nunca</th> <th style="width: 5%;">Siempre</th> </tr> </table> | | Nunca | Raras veces | A veces | Casi nunca | Siempre |
| | Nunca | Raras veces | A veces | Casi nunca | Siempre | | |
| 1 | ¿Encuentra usted materiales para fabricación en los espacios e trabajo que le impidan movilizarse con libertad? | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 2 | Cuando va a iniciar labor, ¿tienes los equipos de maquinado, corte o soldadura en buenas condiciones? | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 3 | ¿Ha notado usted el uso inadecuado de los equipos y herramientas? | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 4 | ¿Considera usted que está laborando en condiciones sub estándar? | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 5 | ¿Hay inexistente orden y limpieza en el taller de fabricación? | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 6 | Cuando se traslada entre áreas ¿ha tenido usted que hacer largos recorridos? | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 7 | ¿Percibe usted que las condiciones de iluminación y ventilación de gases productos de los cortes y soldadura es inadecuado? | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 8 | ¿El espacio para ejecutar las tareas tiene el tamaño adecuado? | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 9 | ¿Le dificulta cambiar de ubicación donde ejecuta su trabajo? | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 10 | ¿Percibe una mala distribución del espacio de trabajo? | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 11 | ¿La Distribución actual del taller de fabricación está afectando de forma negativa a las actividades? | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| A FAVOR | | EN CONTRA | | | | | |
| NUNCA | RARAS VECES | A VECES | CASI NUNCA | SIEMPRE | | | |